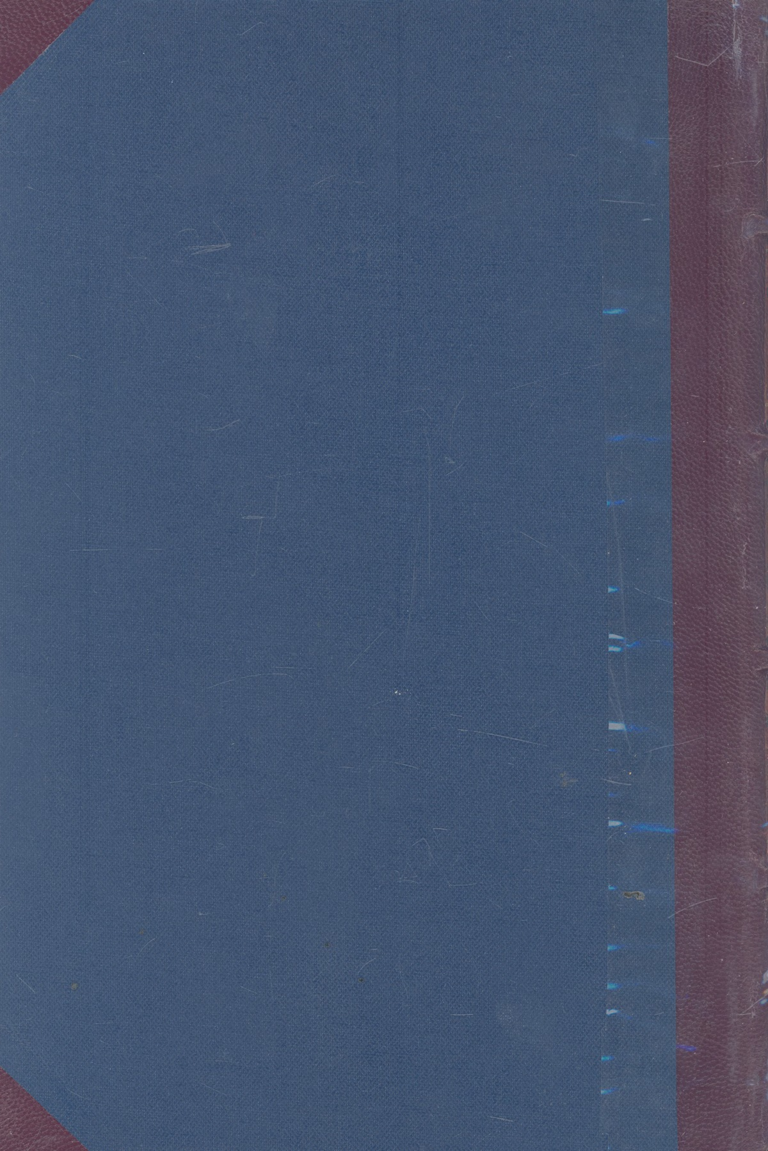


(فهرست تذكرة المهندسين)

(فهرست ما صححه حضرة سيد احمد أفندى خليل المهندس)

(فى القناطر)

صحيفه

(فهرست ما صححه حضرة على أفندى الدرنده لى معلم الرياضة بمدرسة المهندسخانة)

(فى التأسيسات)

صحيفة

(فى سيلان المائعات)

صحيفة

(فى تقسيم السطوح)

(فى تقسيم المثلث)

صحيفه

(فى تقسيم الشكل الرباعى)

(فى تقسيم شبيه المنحرف)

(تقسيم الشكل المنحرف)

صحيفه

(فى المساحة)

(فى مساحة الاشكال المستوية)

(فى الارتباط الواقع بين ضلع الشكل المنتظم ونصف قطر الدائرة المرسومة عليه)

(فى مساحة السطوح المستديرة)

صحيفه

(مساحة حجم الاجسام وسطوحها)

(فى الاخشاب)

صحيفه

صحيفه

صحيفه

صحيفه

(فى العمل)

صحيفة

(فى الابنية)

صحيفه

صحيفه

(تحويل المقاييس الى بعضها)

(فى معدلات أبنية قطر مصر)

(معدلات المحروسه)

(معدلات أبنية اسكندريه)

صحيفة

(معدلات أبنية وجه قبلى)

(بسم الله الرحمن الرحيم)

بعد الحمد لوليه والصلاة والسلام على نبيه والدعاء لولي النعم حضرة الخديوي الاعظم فيقول علي مبارك مستشار الاشغال العمومية بالديار المصرية السنية انى كنت قد جمعت في أوراق مورقة بأوقات متفرقة مسائل هندسية متفرعة من علوم متنوعة ولم تزل درر هذه المسائل مودعة في صدف الايام حتى أبرزها الامكان وساعدها المرام لاسيما وقد كثر السؤال عنها من كثير من الطلاب ورغب تعميم نشرها من علم بها من الاحباب فلذلك لما كنت في نظارة ديوان المعارف العمومية أسلمت مقاليدها للفاضل العارف حضرة السيد أحمد خليل أفندي وكيل مدرسة المساحة والمحاسبة إذ ذاك فما برح يباشر طبعها ويلاحظ بدقة التحرير شكلها ووضعها الى ان أسلمها من ابتداء الملزمة العاشرة عند انفصاله من هذه الوظيفة لتوظيفه بديوان الاشغال الى الفاضل العارف حضرة علي درنده لي أفندي مدرس الرياضة بمدرسة مهندسخانة الخديوية فتعهدها بحسن دقته المعهودة وزاد في محاسنها المشهودة من ابتداء الملزمة المذكورة الى التمام وكما حسن البدء حسن الختام ولم ارتج فيها باب الاستزاده لما عساه أن يحصل من زيادة الافادة فأرجو كل من اطلع على هذه المسائل أن يذيلها بكل ما يراه نافعا في هذا الباب حتى اذا طبعت مرة ثانية تدرج تلك الزيادة فيها فتتسع دائرة فوائدها وتكثر معانيها وقد وسمت عقد هذه المسائل الثمين باسم (تذكرة المهندسين وتذكرة الراغبين) فنسأل الله أن يجعلها أثرا نافعا باقيا وان يجعل ثوابها في أوج القبول راقيا بجاه من انتظمت به أشكال رياضة العقول والافهام وأزال بعلوم دينه الشريف مجهول الشكوك والاوهام عليه وعلى آله وصحبه أتم صلاة وأكمل سلام

(هذا كتاب)

تذكرة المهندسين وتبصرة الراغبين

تأليف

سعادة على باشا مبارك مستشار المعارف والاشغال والاوقاف
لازال محفوفا من مولاه بالالطاف
آمين

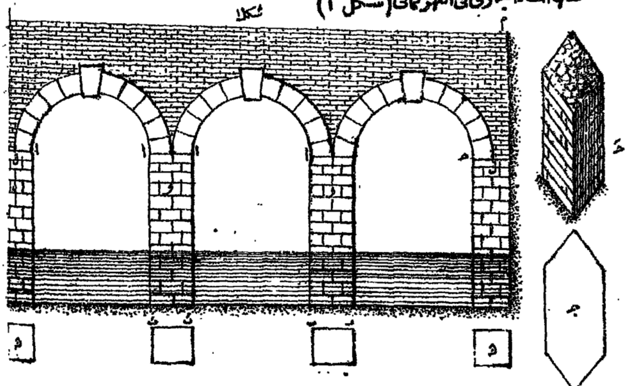
(طبع)
(بمطبعة المدارس الملكية سنة ١٢٩٠)
(طبعة أولى)

(بسم الله الرحمن الرحيم)

(فى بعض مسائل تخص القناطر)

القناطر هى مبان تصنع على الانهر والترع والخلجان لاجل العبور عليها من شاطئ الى شاطئ آخر وهى نوعان *النوع الاول القناطر الثابتة والثانى القناطر المتحركة أما قناطر النوع الاول فتصنع تارة من بناء وتارة من أخشاب أو من حديد وتكون على أساسات ثابتة مكينة بحيث تكون أجزاؤها مرتبطة ببعضها حتى ترى كأنها قطعة واحدة ويكون فيها كفاية لمقاومة الحوادث الجوية ولا تتأثر من الاسباب التى توجب الاتلاف مدة طويلة من السنين

وأما قناطر النوع الثانى فتصنع عادة من أخشاب يمكن بواسطتها استمرار المرور وقطعه وذلك يكون بالقفل والفتح حسبما يراد وهى مثل القناطر التى تدور حول محور ثابت والقناطر المصنوعة فى أبواب الحصون وهناك نوع آخر من القناطر واستعماله أوفق مثل القناطر المصنوعة من مراكب أو رواميس وتستعمل غالبا فى مرور الجيوش ثم ان القناطر المصنوعة من بناء تكون مركبة من جملة أكتاف حاملة لعقودات يمر من تحتها الماء الجارى فى النهر كما فى (شكل ١)



ويطلق اسم كتف على البناء المصنوع فى جنبى القنطرة مثل ل و لَ وأما البناء المصنوع فى وسط الماء مثل ر و رَ فيسمى بغلة

وجزء البناء المنحنى الموصل بين كتفين أو بين كتف و بغلة أو بين بغلتين يسمى عقدا والاجزاء الصغيرة المتركب منها العقد تسمى سنجا والنقط ا ا . . . . الخ تسمى نقط مبدإ العقد بسبب ان المنحنى يبتدئ منها والحجر الموضوع فى وسط العقد يسمى المفتاح

ولاجل بناء العقد يصنعون تخشيبة شكلها شكل العقد وتسمى عند المعماريين بالعبوة وتوضع تلك التخشيبة بين الكتفين و بعد تمام وضعها يصنعون العقد عليها بأن توضع السنج بعضها فوق بعض على تلك التخشيبة و يكون وضع السنج مبتدأ من نقطتى المبتدإ من الجهتين سنجة من جهة ونظيرتها من الجهة الثانية وهكذا الى أن ينتهى العقد الى المفتاح و بعد وضعه ترفع العبوة والسنج يسند بعضها بعضا و فى العادة تملأ المسافة الكائنة بين العقودات بالدبش وغيره وتسمى تلك المسافة بالخصورات

وشكل البغلة يمكن أن يكون متوازى السطوح قائما قاعدته مربعة أومستطيلة يقابل الماء بسطح من سطوحه والاوفق أن تكون القاعدة كما هو مبين فى الشكل جـ زاوية من زواياه مقابلة لاتجاه الماء وتسمى مقدم البغلة والجهة المضادة لهذه تسمى مؤخر البغلة

ثم انه من بعد معرفة المحل اللازم انشاء القنطرة فيه وشروط المنافع المقصودة منها يتوقف اجراء العمل على معرفة الثلاث مسائل الآتية

المسئلة الاولى تعيين فتحة القنطرة

المسئلة الثانية معرفة شكل العقود

المسئلة الثالثة معرفة كبر العقود أو صغرها

فأما فتحة القنطرة أى المسافة الخالية من البناء التى يمر الماء منها فتعلم من بعد معرفة سرعة الماء تحت العيون فاذا فرض أن الفتحة كبيرة عن قطاع النهر فضرورة تضعف السرعة تحت العيون عما كانت عليه فى النهر واما اذا فرض أن الفتحة أقل من قطاع النهر فتزداد السرعة عما كانت عليه فى النهر قبل بناء القنطرة

والحالة الاولى تحصل اذا فرض أن الكتفين صار بناؤهما داخل أراضى الشاطئين بعيدا عن نفس الشاطئين لسبب ما

والحالة الثانية تحصل عندما يكون مجرى الماء محبوسا بالكتفين وحصل ضيق في ذلك المجرى بسبب الكتفين المذكورين أو البغال

واتساع مجرى الماء وضيقه كما في هاتين الحالتين ينشأ عنهما مضار جسيمة مثلا اذا حصل ضيق كبير في المجرى كما في الحالة الثانية تزداد السرعة جدا وتحصل دوّامة أمام كل بغلة ويرتفع سطح الماء ويحصل انصباب فبهذه الاسباب يؤثر الماء في الارض ويحفرها ولا ينقطع هذا التأثير الا اذا وصل الماء الى عمق مناسب للماضاع من سعة النهر ومن المهم الذي ينبغي التنبه له انه متى حصلت زيادة في سرعة جريان الماء يحدث من ذلك تلف أساس القنطرة وربما يترتب عليه هدم القنطرة نفسها وأما اذا حصل نقص في سرعة جريان الماء عن أصلها نقصا كليا كما في الحالة الاولى فانه حينئذ ترسب مواد كثيرة تحت العيون وأمامها وهذا من اكبر المضار

فلاجل معرفة السرعة المطلوبة يلزم أوّلا اختبار أرض المجرى فان كانت صلبة لا يخشى عليها من الحفر يلزم أن السرعة لا تكون كبيرة جدا حتى لا يحصل منها دوّامات تعطل حركة سير المراكب ولا ينشأ عنها تغريق للاراضى المجاورة لها واذا كانت أرضا رخوة يمكن أن تتأثر بسهولة من تأثير الماء اذا زادت السرعة فالاوفق أن تكون الفتحة موافقة للقنطرة حتى لا تحصل زيادة محسوسة في السرعة الاصلية للنهر

وتعيين الفتحة يتوقف على تعيين سرعة الماء قبل بناء القنطرة وبعد بنائها تحت العيون فاذا علمت هاتان السرعتان يتعين بالسهولة مقدار الفتحة المطلوبة

ولنشرع في كيفية تعيين الكميتين المهمتين المذكورتين فنقول

لو فرض ان س رمز للسرعة المتوسطة للماء قبل البناء وان قط مساحة قطاع النهر كذلك فضرورة كمية الماء التي تمرّ في وحدة الزمن هي س × قط واذا رمزنا بحرف ع الى سرعة الماء بعد بناء القنطرة تحت العيون وبحرف ف الى الفتحة أي المسافة الخالية من البناء فضرورة كمية الماء التي تمرّ من تحت العيون أي من الفتحة في وحدة الزمن هي ف × ع وحيث ان كمية الماء المارة من القطاع قبل البناء يلزم أن تكون مساوية لكمية الماء المارة من القطاع بعد البناء يلزم أن يكون

$$س \times قط = ف \times ع \quad \text{أو}$$

$$ف = \frac{س \times قط}{ع} = \frac{قط \times س}{ع}$$

وعلى

وعلى هـذا يكفي لمعرفة الفتحـة ضرب قطاع المجرى في النسبة بين السرعتين انما يلزم ملاحظـة ان كميـة ف × ع هي اكبر من الحقيقة بسبب ان الماء عند دخوله تحت العيون يحصل له انقباض فبالضرورة يحصل نقص في مقدار ف ومقدار الفتحة الحقيقي يصير م ف بفرض ان م معامل ثابت يتعين بالتجربة وعلى هـذا فالمعادلة الحقيقية هي س × قط = م ف ع ومنها ينتج أن

$$ف = قط \times \frac{س}{م ع} \qquad (١)$$

$$أو ع = س \times \frac{قط}{م ف} \qquad (٢)$$

فالمعادلة الاولى تستعمل في ايجاد الفتحة اذا علمت السرعة المتوسطة قبل البناء وبعده والمعادلة الثانية تستعمل في ايجاد سرعة الماء بعد البناء اذا علمت السرعة الاصلية والنسبة بين قطاع النهر والفتحة

وأما مقـدار م فقـد دلت التجاريب التي عملت في هذا الخصوص بمعرفة مشاهير المهندسين على أنه يساوي ٠,٨٥٥ في حالة ما اذا كانت سطوح البغال مقابلة لعروق الماء أو = ٠,٩٥ او = ٠,٩١ في حالة ما اذا كانت رؤس البغال مقابلة لعروق الماء

ويتعين مقدار س بهذه المعادلة $س = عَ \frac{(عَ + ٢,٣٧١٨٧)}{عَ + ٣,١٥٣١٢} \qquad (٣)$

وهنا عَ تدل على سرعة عرق الماء ويمكن في الاعمال الاكتفاء بهذا القانون

$$س = ٠,٨٢ \times عَ \qquad (٤)$$

في جميع الحالات التي فيها سرعة عرق الماء $عَ = ٠ و ع = ٣^{م}$

وحينئذ فمن بعد قياس سرعة الماء بواسطة جسم عوام تحسب السرعة المتوسطة س في المعادلات السابقة و بالنظر لهذا القانون المتقدم يوجدان مقداري س و عَ ليسا متعلقين بعظم المجرى وشكله

وعلى هذا فالمقادير الناتجة أيضا لا تكون الا تقريبية واما القانون الآتي فيتعين بواسطة السرعة مع الضبط الكافي باعتبار انحدار المجرى

$$س = -٠٫٠٠٧ + \sqrt{٠٫٠٠٠٠٥ + ٣٢٣٣ \times \frac{قط \times ح}{حط}} \quad (٥)$$

قط = قطاع النهر

ح = الانحدار في كل متر

حط = المحيط المغمور

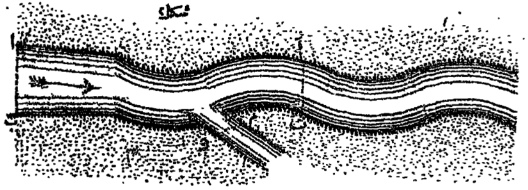
وفي المعادلة السابقة (٥) يفرض ان القطاع والميل ثابتان تقريبا في طول عظيم من مجرى النهر وبهذه الكيفية يمكن أن نفرض ان السرعة المتوسطة ثابتة وفي جميع العمليات التي لا تخرج عن هذا الفرض يمكن استنتاج السرعة المتوسطة من القانون السابق مع الضبط ومن بعد عدة تجاريب صار اجراؤها بمعرفة مشاهير المهندسين على أنهر وخلجان مختلفة وجدت مقادير أخر للعاملات بوضعها في معادلة (٥) تجعلها تؤول الى هذه

$$س = ٠٫٠٣٢٢ + \sqrt{٠٫٠٠٠١١ + ٢٧٣٦ \times \frac{قط \times ح}{حط}} \quad (٦)$$

ومن المهم انه لا يصير تعيين فتحة القنطرة بعد معرفة كمية الماء المتوسطة المارة في النهر بل يلزم تعيين هذه الفتحة باعتبار كمية الماء المارة في النهر في حالة زيادته وحينئذ فكميتا قط و س يصير تعيينهما عندما يبلغ الماء أقصى زيادته وفي هذه الحالة ربما يفيض الماء على الشاطئين ويمتد على جزء عظيم من الارض فتكون سرعة الجريان في الطرفين قليلة مع أنها في الوسط كبيرة فلاجل أن لا يحصل غلط أو خطأ في تعيين الكميتين السابقتين يلزم انتخاب محل من مجرى النهر يكون الماء فيه منحصرا بين الشاطئين ولا يخرج عنهما مدة الزيادة فمن بعد معرفة القطاع والسرعة المتوسطة في هذا المحل يصير تعيين التصرف في هذا القطاع وبناء على ذلك يمكن ايجاد التصرف من المحل المراد عمل القنطرة فيه وبقسمة هذا التصرف الاخير على مساحة القطاع في هذا المحل تحصل السرعة المتوسطة المطلوبة وهذا بفرض أن لا يوجد بين القطاعين أي بين قطاع المحل المنتخب لتعيين الكميتين وقطاع محل القنطرة فروع مثل

ترع

ترع أومصارف أوغير ذلك لانه لو وجد بين المحلين المذكورين ترع أومصارف يلزم اعتبار زيادة التصرف الحاصلة فى القطاع الاخير كما فى (شكل ٢)



مثلا لو فرض أن المطلوب عمل قنطرة فى المحل ا ب الذى حسب فيه قط = ١٢٠٠ م م

فان فرض ان المجرى غير منحبس وكان عرض ذلك المجرى ا ب = ٤٠٠ م وأن عمق الماء = ٣ م ومن كون ان هذا العمق قليل بالنسبة لهذا الفرض لا يمكن حينئذ تعيين السرعة بغاية الضبط ومن حيث انه وجد محل اَ بَ منحبسا بين صخور مرتفعة وعرضه اَ بَ = ١٥٠ م وعمق الماء المتوسط = ٤,٨٥ والسرعة المتوسطة فيه = ٤,١٠ م فى الثانية الواحدة فيكون مقدار التصرف من قطاع اَ بَ هو ١٥٠ مترا × ٤,٨٥ × ٤,١٠ م = ٢٩٨٣ م م م فلو لم يكن بين اَ بَ و ا ب خليج أو ترعة لكانت السرعة المتوسطة فى قطاع ا ب هى س = $\frac{٢٩٨٣}{١٢٠٠}$ = ٢,٤٩ م.

وحيث انه وجد بين اَ بَ و ا ب خليج م ن الذى وجد من بعد قياس قطاعه م ن والسرعة المتوسطة فيه أن يصب فى النهر الاول فى الثانية الواحدة ١٥٠ م م م فبالضرورة يكون مقدار الماء المار من قطاع ا ب هو ٢٩٨٣ + ١٥٠ = ٣١٣٣ م م م وعلى هذا تكون السرعة المتوسطة فى قطاع ا ب هى س = $\frac{٣١٣٣}{١٢٠٠}$ = ٢,٦١ م

فان كانت الارض رخوة فلا يلزم لاجل بناء القنطرة زيادة السرعة عن ٢,٦١ م وعلى هذا فيلزم فرض ع = ٢,٦١ م في القوانين الماضية ثم يعطى الى م مقدار م = ٠,٩٥ لان مقدم البغال يلزم أن يجعل زاوية حادة معرضة الى عرق الماء وعلى هذا نجد أن الفتحة

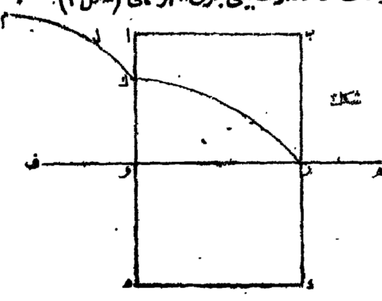
$$ف = ١٢٠٠ \times \frac{٢,٦١}{٢,٦١ \times ٠,٩٥} = \frac{١٢٠٠}{٠,٩٥} = ١٢٦٣ \text{ مم}$$

ومن المهم اذا كان مبدأ العقود تحت استواء كبر ارتفاع الماء في وقت الزيادة أنه يلزم استعمال م = ٠,٨٥

وأما اذا كانت أرض المجرى صلبة وتقاربت صلابتها من صلابة الاحجار ولا يخشى من اتلاف المجرى اذا زادت السرعة تحت عيون القنطرة فيمكن زيادة السرعة عن ٢,٦١ م ولتكن مثلا ٣,٥٠ فضرورة نتحصل على فتحة أقل من الماضية وبهذا السبب تقل مصاريف القنطرة والفتحة المذكورة تكون في هذه الحالة

$$ف = ١٢٠٠ \times \frac{٢,٦١ \text{ م}}{٠,٩٥ \times ٣,٥} = ٩٤٢ \text{ مم}$$

ثم انه عند تضييق مجرى النهر يجب علينا معرفة هل الدوامات المتكونة تكون عظيمة فتعطل سير السفن ويحدث منها غرق للاراضي المجاورة أم لا فعلى هذا يلزم معرفة مقدار ارتفاع الدوامة لكل ارتفاع خصوصي للفتحة ولنفرض أن ا ب جـ د وجه البغلة و هـ ف الانحدار الطبيعي لمجرى النهر كما في (شكل ٣).



وحيث انه حصل ضيق فى اتساع النهر لقطاع حـ د تحصل بالضرورة الزيادة فى الانحدار والسرعة معا وعلى هـذا يأخذ اتجاه سطح الماء اتجاه الخط ك ر ثم يرتفع هذا الخط من نقطة ك الى نقطة ل و يأخذ اتجاه ل م الذى يصـير سطحا أفقيا بعـد بعد صغـير فاذا فرض أن قط سطح القطاع الطبيعى لمجرى النهر

ف سطح القطاع بعد بناء القنطرة أو سطح الفتحة
س السرعة المتوسطة لمجرى الماء قبل بناء القنطرة
ع السرعة المتوسطة للماء تحت العيون بعد بنائها
ر الانحدار فى كل متر من طول مجرى النهر
ط طول البغلة حـ د او ا ب
ش الارتفاع ل و للدوامة
جـ جذب الارض

ومعلوم أن السرع فى النهر الواحد مناسبة عكسا لسطوح القطاعات المقابلة لها

يكون $ع = \frac{قط}{ف} \times س$

والارتفاعات المقابلة للسرع ع و س هى

$$ل ك = \frac{قط^٢}{ف^٢} \times \frac{س^٢}{٢ جـ} - \frac{س^٢}{٢ جـ}$$

ولكن من حيث ان النسبة $\frac{قط}{ف}$ لم تكن النسبة العكسية حقا الى السرعة $\frac{ع}{س}$ بسبب انقباض عـرق الماء والاحتكاكات فى سطوح المنافذ يلزم تغيير هـذه النسبة بهذه $م \times \frac{قط}{ف}$ وهنا م كمية يلزم تعيينها بالتجربة وعلى هذا يكون

$$ل ك = \frac{س^٢}{٢ جـ} \left(م^٢ \times \frac{قط^٢}{ف^٢} - ١ \right)$$

واما مقدار ك و الذى هو ارتفاع الدوامة فهو متعلق بالانحدار الذى يكون فى طول البغلة وحيث كان هذا الانحدار قبل بناء القنطرة $\text{ط} \times \text{ح}$ يصير بعد البناء

$\text{ط ح م}^{2}\,\frac{\text{قط}^{2}}{\text{ف}^{2}}$ لان الانحدارات تزيد مع الارتفاعات المقابلة للسرع وحينئذ يكون

$$\text{ك و} = \text{ط ح م}^{2}\,\frac{\text{قط}^{2}}{\text{ف}^{2}} - \text{ط ح}$$

فاذا صار جمع ك و على ك ل يتحصل على الارتفاع الكلى $\text{ل و} = \text{ش}$ الذى يعلو به الماء من جهة الامام حيث انه فى جهة الخلف يبقى سطح الماء على حاله فيكون

$$\text{ش} = \left(\frac{\text{س}^{2}}{\text{٢ج}} + \text{ط ح}\right)\left(\frac{\text{قط}^{2}}{\text{م}^{2}\,\text{ف}^{2}} - ١\right) \quad \cdots (٧)$$

ولنطبق هذا القانون على المثال الماضى فنقول

ان كانت الفتحة $\text{ف} = ٩٤٢^{\text{م م م}}$ والانحدار $\text{ح} = ٠{،}٠٠١^{\text{م}}$ وان $\text{ط} = ١٠^{\text{م}}$ = طول البغلة فاذا وضعت هذه المقادير فى معادلة (٧) مع ملاحظة ان الارتفاع

المقابل للسرعة $\text{س} = ٢{،}٦١$ هو $\frac{\text{س}^{2}}{\text{٢ج}} = ٠{،}٣٤٧٢$ يكون

$$\text{ش} = \left(٠{،}٣٤٧٢ + ٠{،}٠٠١ \times ١٠\right)\left(\frac{(١٢٠٠)^{2}}{(٠{،}٩٥)^{2} \times (٩٤٢)^{2}} - ١\right)$$

$$= ٠{،}٣٥٧٢\left(\left(\frac{١٢٠٠}{٨٩٤{،}٩٩}\right)^{2} - ١\right) = ٠{،}٢٨٥$$

وحيث ان هذا المقدار صغير جدا يكون مقدار الفتحة المعتبر مناسبا لكن بسبب ان الدوامات مضرة فى جميع الاحوال يلزم تنقيص ارتفاعها مهما أمكن فان فرض ان الارتفاع ش الذى وجد كبيرا يلزم زيادة مقدار الفتحة ف وتبعا لذلك ينقص مقدار السرعة ع أو انه يؤخذ الى ش المقدار الذى يرى فيه اللياقة ويوضع فى معادلة (٧)

(٧) ويستخرج منها حينئذ مقدار ف . ومتى أريد حفظ حساب الارتفاع شن باستعمال جدول الارتفاعات المقابلة للسرعة يمكن أعطاء قانون (٧) هذه الصورة

$$ش = \left(\frac{س^2}{٢ح} + ح ط\right)\left(\frac{ع^2}{س^2} - ١\right)$$

وباستعواض $\frac{قط^2}{م^2 ف^2}$ بالنسبة المساوية لها $\frac{ع^2}{س^2}$ واجريت عملية الضرب فى المعادلة السابقة يكون $ش = \left(\frac{ع^2}{٢ح} - \frac{س^2}{٢ح}\right) + ح ط \left(\frac{ع^2}{س^2} - ١\right)$

مثلا بالمقادير الماضية ع = ٣,٥^م و س = ٢,٦١^م وح = ٠,٠٠١^م و ط = ١٠^م فلا يبقى علينا الا حساب الحدّ الثانى من المعادلة

$$ح ط\left(\frac{ع^2}{س^2} - ١\right) = ٠,٠١^م \left(\left(\frac{٣,٥}{٢,٦١}\right) - ١\right) = ٠,٠٠٧٩٨$$

لان الجدول مبين حالا أن $\frac{ع^2}{٢ح} = ٠,٦٢٤٤$ و $\frac{س^2}{٢ح} = ٠,٣٤٧٢$ ومنها يحصل ش = ٠,٦٢٤٤ − ٠,٣٤٧٢ + ٠,٠٠٧٩٨ = ٠,٢٨٥

فاذا فرض لاجل زيادة السهولة ان شَ هو الارتفاع المقابل للسرعة س ا وهو مقدار $\frac{س^2}{٢ح}$ يتحصل على مقدار ف من معادلة (٧) ويصير

$$ف = \frac{قط}{م}\sqrt{\left(\frac{شَ + ح ط}{ش + شَ + ح ط}\right)} \quad ...... \quad (٨)$$

ومنها يستخرج مقدار الفتحة لاى مقدار يختار لارتفاع الدوّامة ش

مثلا فى المثال الماضى الذى فيه $\bar{ش} = \frac{س^{٢}}{٢ح} = ٠{,}٣٤٧٢$ و قط $= ١٢٠٠$ مم

و م $= ٠{,}٩٥$ و ح $= ٠{,}٠٠١$ م و ط $= ١٠$ م

فاذا كان لايراد اعطاء ارتفاع الدوّامة زيادة عن ٠٫٢ م يوضع ش $= ٠{,}٢$ م

فيكون $ف = \frac{١٢٠٠}{٠{,}٩٥} \sqrt{\left(\frac{٠{,}٣٤٧٢ + ٠{,}٠١ \quad ٠{,}}{٠{,}٢ + ٠{,}٣٤٧٢ + ٠{,}٠١}\right)} = ١٠١١$ مم

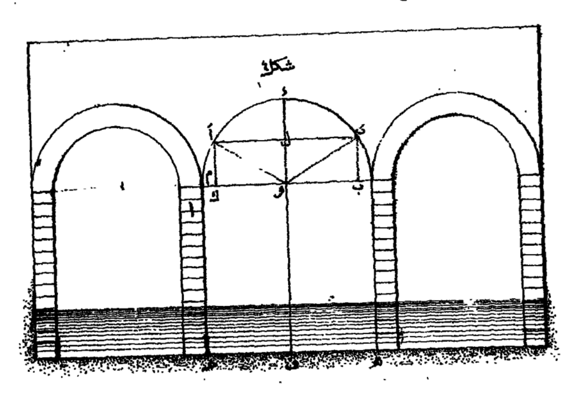
وفى الحالة التى يرادفيها استعمال هذا المقدار لسعة الفتحة ويراد استخراج السرعة

المتوسطة تحت عيون القنطرة يوضع ف $= ١٠١١$ م ومعادلة (٢) الماضية تعطى

$$ع = ٢{,}٦١ \times \frac{١٢٠٠}{٠{,}٩٥ \times ١٠١١} = ٣{,}٢٦ \text{ م}$$

وماسبق كاف فيما يلزم اجراؤه عندما يراد انشاء قنطرة ولم يبق علينا الا تبيين شكل

منحنى العقود ولنشرع فى ذلك فنقول شكل ٤



ان هذا الشكل المستعمل فى القناطر فى الغالب على ثلاثة أجناس الاوّل المنحنى الذى هو نصف دائرة وهو مماس لسطحى البغلتين المتكئ عليهما العقد والثانى المنحنى المرجونى والثالث قوس الدائرة

والعيون التى منحنيها نصف دائرة تكون أسهل ما يمكن انشاؤه ورسمه وأكثر صلابة من غيرها لكنها تسد مجرى النهر وينشأ عنها أكبر معامل الاندماج لعرق الماء وعادة يوضع مبدؤها فى أعلى الفرش أو على استواء ا ب الذى هو تحت استواء مياه التحاريق بحيث انه فى هذه الحالة الاخيرة فى زمن علو المياه اَ بَ تتركب مساحة الفتحة بالكيفية الآتية

و ف = ر ارتفاع مياه التحاريق باعتبار هذه الرموز ل ف = رَ ارتفاع المياه فى الفيضان ا ب = ٢ نق = قطر العقد , ا و = نق نصف قطر العقد و ل = رَ − ر = ه ثم نصل و اَ , و بَ فالفتحة تتركب من مستطيل ا ح ب ه ومن ثلاثة قطاعات وهى ا و اَ وقطاع ب و بَ ومن قطاع اَ و بَ

اما مساحة مستطيل ا ح ب ه = ا ب × و ف = ٢ نق × ر

ومساحة قطاع ا و اَ = $\frac{1}{2}$ ا و × قوس ا م اَ = $\frac{\text{نق}}{2}$ × قوس ا م اَ

ومساحة قطاع ب و بَ حيث انه مساو للقطاع السابق فتضاعف مساحة القطاع السابق وتكون حينئذ دالة على مجموع القطاعين أعنى مساحة قطاعى او اَ + ب و بَ

= ٢ × $\frac{\text{نق}}{2}$ × قوس ا م اَ = نق × قوس ا م اَ

وأما مساحة القطاع المنفرد اَ و بَ = $\frac{\text{نق}}{2}$ × قوس اَ ى بَ

فاذا جمعنا هذه المقادير على بعضها تحصلنا على المساحة الكلية للفتحة المطلوبة وبالرمز للفتحة بهذا الرمز فح نجد

فح = ٢ نق × ر + نق × قوس ا م اَ + $\frac{\text{نق}}{2}$ × قوس اَ ى بَ

وحدود هذه المعادلة كلها معلومة ماعدا قوس ا م آ وقوس آ ء ت المتساويين فقوس ا م آ ء يمكن تعيين طوله بالنسبة لوحدة الاطوال المعتبرة وهى المتر ولذلك ننزل عمود آ ك = ل و = ه

فيحصل مثلث قائم الزاوية آ و ك فيه حا ا م آ = و ك / ا و = ه / نق وبواسطة هذه المعادلة يحسب جيب قوس ا م آ ومقدار درج القوس المذكور يعلم بواسطة الجداول اللوغاريتمية فاذا فرض ان عدد درج القوس المذكور محوّل الى ثوان = ه ومعلوم أن عدد ثوانى نصف المحيط يساوى

١٨٠° × ٦٠ × ٦٠ = ١٨٠° × ٣٦٠٠ = ٦٤٨٠٠٠ فيكون طول قوس ا م آ

= نق ط × ـــــ / ٦٤٨٠٠٠ الناتجة من نسبة

٢ ط نق : قوس ام آ :: ١٢٩٦٠٠٠ : ٠ او

ط نق : قوس ا م آ :: ٦٤٨٠٠٠ : ٠

و ط النسبة بين المحيط وقطره وهى ط = ٣٫١٤١٦ وعلى هذا فمقدار مساحة الفتحة فى هذا القانون الاخير ه يستخرج من قانون حا ه = ه / نق

فاذا فرض مثلاً أن ا ب = ٢ نق = ٢٠٫٠ م و ف = ر = ١٫٢ م ول و = ه = ٥٥٫٣ م وباستعمال اللوغاريتم وملاحظة ان نصف قطر الجدول = ١٠ يكون لوحا ه = لو ه - لو نق = لو ٣٫٥٥ - لو ١٠ = ٩٫٥٥٠٢٢٨٣ أو ه = ٢٠° ٤٧َ ٣٦٫٤ً وبالثوانى ه = ٧٤٨٥٦٫٤ فاذا وضعنا هذا المقدار فى معادلة طول القوس يتعين مقدار طول القوس أعنى يكون طول قوس ا م

آ = نق ط × ه / ٦٤٨٠٠٠ = ١٠ × ٣٫١٤١٦ × ٧٤٨٥٦٫٤ / ٦٤٨٠٠٠ = ٥٫٠٢٤

وحينئذ

وحينئذ مساحة قطاعى ا و اَ + ب و بَ = نق × طول قوس ا م اَ = نق^٢ ط ×

$$\frac{\text{هـ}}{٦٤٨٠٠٠} = \frac{٧٤٨٥٦٫٤ \times ٣٫١٤١٦ \times ١٠٠}{٦٤٨٠٠٠} = \frac{٧٤٨٥٠٫٤ \times ٣١٤٫١٦}{٦٤٨٠٠٠}$$

= ٣٦٫٢٩٢ أو مساحة قطاعى ا و اَ + ب و بَ = ٣٦٫٢٩٢

فاذا قسم ٣٦٫٢٩٢ على ربع القطر أعنى $\frac{٣٦٫٢٩٢}{٥}$ = ٧٫٢٥٨٤ فاذا طرح

طول مجموع قوسى ا م اَ , اَ ى بَ المتساويين من مقدار طول نصف المحيط

أعنى ٣١٫٤١٦ − ٧٫٢٥٨٤ = ٢٤٫١٥٧٦ وهو طول قوس قطاع اَ ى بَ

بالمتر وتكون مساحة قطاع اَ ى بَ = طول قوس اَ ى بَ × $\frac{\text{نق}}{٢}$

=٢٣٫١٥٧٦ ×٥ = ١١٥٫٧٨٨٠ وبناء على ذلك تكون مساحة الفتحة الكلية

فع = ٢ نق س + نق × قوس ا م اَ + $\frac{\text{نق}}{٢}$ × قوس اَ ى بَ

أو فع = ٢ × ١٠ × ١٫٢ + ١٠ × ٣٫٦٢٩٢ × ٢٤٫١٥٧٦

أو فع = ٢٤٫٠٠ + ٣٦٫٢٩٢ + ١٢٠٫٧٨٨٠

أو فع = ١٨١٫٠٨٠ وهو المطلوب

ويمكن الوصول الى هذه النتيجة بأن تحسب المساحة الكلية حـ ا ى ب هـ للعقد وهو أن يقال ان مساحة الفتحة الكلية تتركب من مساحة مستطيل ا حـ ب هـ ومن نصف دائرة ا اَ ى ب بَ ومقدارها بمقتضى الرموز والمقادير الماضية

مساحة مستطيل ا حـ ب هـ = ا ب × و ف = ٢ نق × س = ٢ × ١٠ × ١٫٢ = ٢٤٫٠٠ مم

ومساحة نصف الدائرة اَ ى ب بَ = $\frac{\text{ط نق}^٢}{٢}$ = $\frac{٣٫١٤١٦ \times ١٠٠}{٢}$ =

$\frac{٣١٤٫١٦}{٢}$ = ١٥٧٫٠٨

المساحة الكلية للفتحة = ٢٤,٠٠ + ١٥٧,٠٨ = ١٨١,٠٨

وقد توضع هذه المساحة الاخيرة بقانون يحتوى على مجموع مساحتى المستطيل ونصف الدائرة بهذه الكيفية

فح = مساحة مستطيل ا ح ب ه + مساحة نصف دائرة ا آ ء ب بَ أو

فح = ا ب × و ف + ٢ ط نق^2 أو

فح = ٢ نق × ر + (ط نق^2) / ٢ أو

فح = (٤ نق ر + ط نق^2) / ٢ واذا وضعنا عوضا عن الحروف مقاديرها نجد

فح = (٤ × ١٠ × ١,٢ + ٣,١٤١٦ × ١٠٠) / ٢ أو

فح = (٤٨ + ٣١٤,١٦) / ٢ أو

فح = ٢٣٦,١٦ / ٢ أو

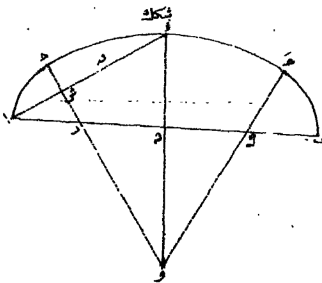
فح = ١٨١,٠٨

وهو مثل المقدار المعين بالطريقة السابقة وحينئذ فيمكن استعمال الطريقتين لاجل تحقيق الحسابات والعقودات التى شكل منحنيها مرجونى ففيها الصلابة الكافية وسهولة رسمها تقارب من سهولة رسم المنحنى نصف الدائرة حينما يكون قطر الفتحة التى منحنيها نصف دائرة مرسومة على نصف القطر بدون زيادة الارتفاع ويتكون غالبا من ٣ مراكز أو ٥ أو ٧ أو أكثر من ذلك ويكتفى الحال بما ذكر من المراكز من غير زيادة فيها عن خمسة

ولا يكفى معرفة الاتساع والارتفاع لاجل تعيين شكل المنحنى المرجونى لانه يمكن أن يرسم على قطرين معلومين منحنيات مختلفة عديدة والشرط اللازم هنا هو أن المماس فى الرأس يكون أفقيا وفى المبدأين يكون رأسيا وفى كل حالة خصوصية نفرض شروطا خصوصية لاجل تعيين أنصاف أقطار كل قوس

وحينما

وحينما يكون العقد غير منخفض جدًا ويكتفى بتركيب المنحنى من ثلاثة أقواس يشترط فى تلك الاقواس الثلاثة أن تكون متساوية وكل منها يساوى $\frac{1}{6}$ المحيط أو ٦٠° وان أنصاف الاقطار تتميز عن بعضها بقدر ما يمكن والشرطان المذكوران ينشأ عنهما منحنيان يختلفان عن بعضهما قليلا ففى حالة المنحنى المتركب من ثلاثة أقواس كل منها ٦٠° نفرض أن ء ه ارتفاع العقد وأن ا ب عرض العقد المذكور شكل ٥



ونفرض أن و ء = نق = نصف قطر قوس الرأس ح ء حَ

وأن نقَ = ا ر = ب ل نصف قطرى القوسين النهائيين ا ح و ب حَ

فالمسألة هنا تؤول الى وجود أحد المراكز الثلاثة ر و ك و و لانه لو علم المركز ر نجعل نقطة ر مركزا ونرسم بنصف قطر ا ر قوس ا ح = ٦٠° ثم نصل بين نقطتى ح و ر بخط ح ر ونمده على استقامته حتى يقطع امتداد الارتفاع فى نقطة و فتكون نقطة و هى مركز قوس الوسط

فعلى هذا قد تعين مركزان والثالث يتعين طبعا بأن ا ر = ب ك ومن حيث ان زاويتى ا ر ح و ب ك حَ كل منهما = ٦٠° يكون مثلث ر و ك متساوى الاضلاع وبكون ر ك = و ر ومن حيث ان ا ر = ر ح و و حَ

$=$ و ء ويكون ا م + م ك = و م + م ح = وه + ه ء

وبعد ذلك لو فرض أن المجهول هو البعد ه م الذى نهايته نقطة ه بالنسبة للمركزين المتناظرين فى وسط خط ا ب فاذا فرض أن ا ب = ٢ ح ، ه ء = ب ، ه م = س

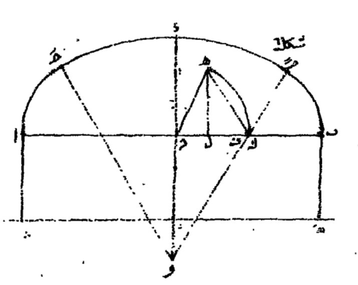
يكون م ك = ٢ م ه = ٢ س

ومثلث و م ه يعطى و ه = $\sqrt{}$ و م^2 – م ه^2 = $\sqrt{}$ ٣ س^2

ومنها $\sqrt{}$ ٣ س^2 + ب = س + ح

ومنها يستخرج س = $\frac{1}{2}$ (ح – ب) + $\sqrt{\frac{3}{4}}$ (ح – ب)^2

ويمكن رسم أو حساب هذا المقدار بغاية السهولة فلاجل رسمه يوجد ه ن = ح – ب ونرسم على هذه القاعدة المثلث المتساوى الاضلاع م ن ه وننزل عمود ه ل ونجعل نقطة ل مركزا ونرسم بنصف قطر ل ه قوس دائرة يقطع خط ا ب فى نقطة ك بحيث يكون بعد ه ك = س شكل ٦



فنقطة ك تكون هى أحد المراكز المطلوبة وتستعمل هذه الطريقة أيضا لتعيين المركزين الآخرين

وشكل المنحنى المرجو فى لا يكون فيه أدنى صعوبة اذا كان مركبا من أقواس متساوية وكل منها ستون درجة ٦٠

ولاجل تعيين نصفى القطرين و ء ، ا م أعنى نق ، نَق يلزم ملاحظة ان نَق = ا ه – ه م = ح – س

وان نق = و ء = م ح = ٢ س + نَق = ح + س

فلو

فلو أعطى الى س مقدارها السابق يكون

$$\text{نق}' = \frac{ح + ب - (ح - ب)\sqrt{3}}{2} \quad \text{و}$$

$$\text{نق} = \frac{3ح - ب + (ح - ب)\sqrt{3}}{2}$$

فلو وضع فى هاتين المعادلتين بدلا عن كميتى ح , ب مقدارا هما لصار مقدارا نق , نقَ معلومين

واذا أردنا معرفة مساحة العين ج اب هَ تحسب أولا مساحة مستطيل ا ب هَ ح والمسافة المختلطة ا حَ ى حَّ ب وحاصلهما يكون هو المساحة المطلوبة

ولاجل معرفة المساحة المختلطة ا حَ ى حَّ ب يلزم التنبيه على انها مركبة من ثلاث قطاعات ر ا حَ , حَ و حَّ , ى حَّ ب مطروحا منها المثلث المتساوى الاضلاع ر و ى وبما أن كل قوس من الاقواس الثلاثة هو سدس محيطه فكل قطاع ضرورة يكون سدس دائرته وعلى هذا فقطاع ر ا حَ أو ى حَّ ب $= \frac{1}{6}$ نقَ^{2} ط

وقطاع و حَ حَّ $= \frac{1}{6}$ نق^2 ط

ومثلث ر و ى $= \frac{1}{2}$ و ر × و ك × حا ر و ى أو

$= \frac{1}{4}$ (نق − نقَ)$^2 \sqrt{3}$

بسبب أن و ر = و ك = نق − نقَ وأن حا $60^\circ = \frac{1}{2}\sqrt{3}$

فاذا رمز بحرف ن للمساحة الكلية ج ا ب هَ وبحرف سَ الى ارتفاع ا ح فى مستطيل ا ب هَ ح يكون ن = ٢ ح سَ + $\frac{1}{3}$ نقَ^{2} ط + $\frac{1}{6}$ نق^2 ط − $\frac{1}{4}$ (نق − نقَ)$^2 \sqrt{3}$ (١٤)

ولنمثل لذلك بمثال فنقول نفرض مثلا أن ا ب أو ٢ ح = ٢٠ م , ى م = ١١,٢٠ م ونفرض أن ى هِ أو ب = ٧,٠ م فيكون ا ح أو سَ = ٤,٢٠ م

وبوضع هذه المقادير فى قانون (١٣) يحصل أولا أنصاف الاقطار

$$نقَ = \frac{٣٧٣-١٧}{٢} = ٥,٩٠١٩٢^{م}$$

$$نق = \frac{٣٧٣+٢٣}{٢} = ١٤,٠٩٨٠٧^{م}$$

$$نق - نقَ = ٨,١٩٦١٥^{م}$$

ثم نحسب حدود قانون (١٤) $٢٠ \times ٢٠,٤^{م} = ٨٤,٠^{ممم}$

$$\frac{١}{٢} \times (٥,٩٠١٩٢)^{٢} \times ٣,١٤١٦ = ٣٦,٤٨^{م}$$

$$\frac{١}{٦} \times (١٤,٠٩٨٠٧)^{٢} \times ٣,١٤١٦ = ١٠٤,٠٧^{م}$$

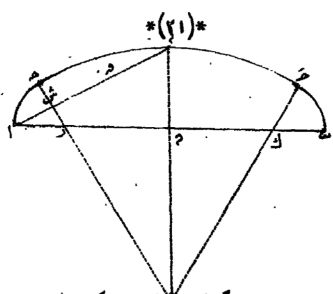
والمساحة الكلية $ح = ٢٢٤,٥٥$

وبمقارنة هذه المساحة بمساحة العين التى منحنيها نصف دائرة وعرضها وارتفاعها مثل عرض وارتفاع المرجونى السابق نجد أن المرجونى يزداد ١٣^م ولو أردنا حساب الفتحة فى أيام الزيادة المفروض ارتفاعها ٤,٧٥^م يقسم الشكل المختلط للعين الى مستطيلات ومثلثات وقطاعات كما فعل سابقا ويشاهد أنه لو وضع مبدأ العقد فى استواء مياه الفيضان لكانت الفتحة أكبر ما يمكن

ويمكن اجراء ذلك بالمنحنى المرجونى بدون ازدياد الارتفاع انما يلزم انخفاض المنحنى قليلا فلو جعل نصف الدائرة منحنيا للعين كان ذلك موجبا لارتفاع العين وهذا غير موافق فى كثير من الحالات ولنعتبر الآن أن نصفى قطرى المنحنى المرجونى نق ، نقَ لا يختلفان الا قليلا

ولنفرض أن اهـ = ح وأن ءهـ = ب وأن نقَ = اد وأن نق = ءو شكل ٧

فمثلث



فمثلث وَ ء ه يعطى $(\text{نق} - \text{نَق})^{٢} = (\text{ح} - \text{نَق})^{٢} + (\text{نق} - \text{ب})^{٢}$
وهذه هى المعادلة المشتملة على الشرط الواقع بين نصفى القطرين وكميتى ح و ب

فلو حللنا هذه المعادلة بالنسبة الى نق نجد $\text{نق} = \frac{\frac{١}{٢}(\text{ح}^{٢} + \text{ب}^{٢}) - \text{ح نَق}}{\text{ب} - \text{نَق}}$

والنسبة بين نصفى القطرين تكون $\frac{\text{نق}}{\text{نَق}} = \frac{\frac{١}{٢}(\text{ح}^{٢} + \text{ب}^{٢}) - \text{ح نَق}}{\text{ب نَق} - \text{نَق}^{٢}}$

وحيث انه من الواضح أن نَق يلزم أن تكون دائما أقل من نق فضرورة تكون هذه النسبة نهاية كبرى متى كان الفرق بين نصفى القطرين قليلا فلو تساوى بصفر لكان التفاضل للحد الثانى بالنسبة الى متغير نَق كما ترى

$$\text{ح نَق}^{٢} - (\text{ح}^{٢} \times \text{ب}^{٢})\,\text{نَق} + \frac{١}{٢}(\text{ح}^{٢} + \text{ب}^{٢})\,\text{ب} = ٠$$

ومنها يحدث $\text{نَق} = \frac{\text{ح}^{٢} + \text{ب}^{٢} - (\text{ح} - \text{ب})\sqrt{\text{ح}^{٢} - \text{ب}^{٢}}}{٢\,\text{ح}}$

فلو وضع مقدار نَق هذا فى معادلة نق يحدث

$$\text{نق} = \frac{\text{ح}^{٢} \times \text{ب}^{٢} + (\text{ح} - \text{ب})\sqrt{\text{ح}^{٢} + \text{ب}^{٢}}}{٢\,\text{ب}}$$

ويمكن اختصار هذه المعادلات بضرب حدى المعادلة الاولى فى

$$\sqrt{\text{ح}^{٢} + \text{ب}^{٢}} + (\text{ح} - \text{ب})$$

وحذى الثانية فى $\sqrt{ح^٢ + ب^٢} - (ح - ب)$ وجعل $\sqrt{ح^٢ + ب^٢} = هـ$

فيحدث

$$\left.\begin{aligned} نقَ &= \frac{ب\ هـ}{هـ + (ح - ب)} \\ نق &= \frac{ح\ هـ}{هـ - (ح - ب)} \end{aligned}\right\} \quad (١٠)$$

ولاصعوبة فى رسم هاتين المعادلتين لانك اذا وصلت خط ا ء وقطعت منه ء ه = ح ـ ب وأقمت عمود ح و من نقطة منتصف ا ه وهى نقطة ش فهذا العمود يتقاطع مع محورى المنحنى فى نقطتى م , و وهما المركزان المطلوبان

وحساب مساحة الشكل المختلط المعين ا ح ء حَ ب يجرى كما سبق بأن يطرح من مجموع مساحات القطاعات ا م ح , ح و حَ , حَ ك ب مساحة مثلث م و ك ومقدار درج الاقواس ا ح , ح حَ يحسب بواسطة مثلث م و هـ القائم الزاوية من معادلة

$$حا\ م\ و\ هـ = \frac{م\ هـ}{و\ م} = \frac{ح - نقَ}{نق - نقَ}$$

فلو فرض أن هـ مقدار درج زاوية م و هـ لكان

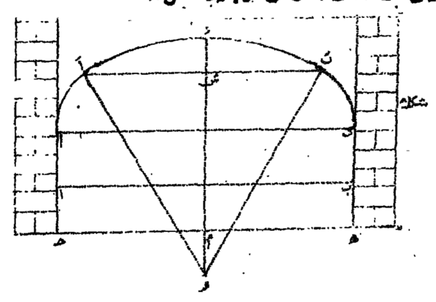
$$هـ = قوس\ ح\ حَ$$

و

$$٩٠ - هـ = قوس\ ا\ ح$$

لان زاوية م و هـ هى نصف زاوية ح و حَ وتمام زاوية ا م ح

وكلما كان الارتفاع ء هـ أكبر من ثلث الفتحة ا ب يكتفى برسم المرجونى مركبا من ثلاثة أقواس وفى الحالات الاخر يستعمل المرجونى ذا خمسة مراكز والعقودات التى منحنيها قوس دائرة سهلة فى العمل عن المرجونى شكل ٨



وقوس العقد اَ ء ـَ يمتد بنقطتى المبدإ ا ,ب وينتهى الى ء س لان كل قوس دائرة يمكن أن يمر بثلاث نقط اَ ء ـَ

وهـذا الشكل تحدث منه فتحـة أقل من المرجوفى متى كانت نقطتا مبدئه مغمورتين فى المـاء وهو مضر

وبهـذا السبب يلزم أن تكون نقطتا المبدإ للقناطر التى يستعمل فيها قوس الدائرة فى مستوى مياه الفيضان واذا أمكن استيفاء هذا الشرط بدون انخفاض كبير فى العقد يكون استعماله بقوس الدائرة أصح من الجميع وأربح

وحساب المساحـة الكلية يؤول الى حساب مساحة مستطيل ا ح ـب ـَ ومساحة القطاع اَ ء ـَ ويستخرج نصف القطـر ء و لقوس اـَ ءِ بواسطة الكميتين اَ ـَ ,ء س المفروضتين من معادلة $نق = \frac{ك^{٢} + م^{٢}}{٢ م}$

وهنا $نق = ء و$, $ك = اَ س$, $م = ء س$

أوانه يحسب أولا زاوية اَ و ء = هـ بواسطة

$$ظا \tfrac{١}{٢} هـ = \frac{م}{ك}$$

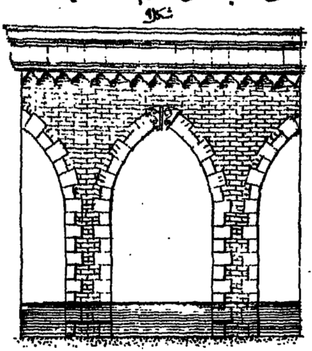
ويوضع فى معادلة $نق = \frac{ك}{جا هـ}$

ومتى علم نصف قطر ءِ و تحسب مساحة القطاع كما سبق

وأما مساحة الفتحة المعرضة لمياه الفيضان فهى مساحة مستطيل اَ ح هـ ـَ وهى اكبر ما يمكن

والثلاثة منحنيات السابقة هى المستعملة والمنحنى المرجوفى مستعمل عوضا عن نصف قطع ناقص بسبب أن القطع الناقص ولو أن انحناءه منتظم ولطيف فى المنظر لكن عيبه صعوبة قطع السنج وصغر الفتحة ولم تستعمل الآن العيون الحادثة من قوسين متقابلين فى الرأس وان استعملت فاستعمالها قليـل بسبب أنها توجب ارتفاع القنطرة عـن الارض المجاورة لها ولو أنها أسهل فى العمل وأكثر فى الصلابة عن غيرها

وعلى الخصوص ينشأ عنها فتحة قليلة لمرور المياه منها ولم يكن هناك قواعد ينكأ عليها في انتخاب المحنى اللازم اعطاؤه لعيون القناطر شكل ٩



ويلزم بعد معرفة الفتحة اللازم اعطاؤها الى العين ومعرفة فرق التوازن بين مياه التحاريق ومياه الفيضان والارتفاع اللازم اعطاؤه الى سطح أعلى القنطرة والمواد المستعملة لبنائها ودرجة مقاومة تلك المواد أن ينتخب المنحنى الذى يوافق لاتمام الشروط الحالية

ثم ان اتساع العيون ليس له قاعدة معلومة انما يلزم أن يكون متعلقا بالمحل الذى تعمل فيه القنطرة ومع ذلك ننبه على أنه يلزم استعمال العيون الكبيرة فى الانهر والخلجان والعيون الصغيرة فى الترع والنهيرات وما أشبه ذلك من المحلات التى لا تصل مياهها الى ارتفاع كبير ولاجل جعل فتحة كافية لمرور المياه منها يلزم أن عدد العيون يكون عددا مفردا وأن العين الوسطى لابد أن تكون أكبر مما يليها من الطرفين وأن العيون الباقية تتناقص بالتدريج الى العينين الاخيرتين المتصلتين بالكتفين ويمكن جعل العيون متساوية وبهذا السبب تستعمل عبوة أحد العيون لباقى العيون الاخر وفى هذه الحالة فقط يعلو سطح القنطرة عن الشاطئين وتكثر المصاريف وعلى أى حالة يلزم أن يكون لعيون القناطر ارتفاع كاف حتى انه فى زمن الفيضان يوجد للاجسام الغريبة المجلوبة بالماء فتحة تمر منها تحت العيون فان كانت العيون متساوية يلزم أن يكون ارتفاعها فوق سطح مياه الفيضان مقدار متر واحد بالاقل وان لم تكن متساوية يلزم أن يكون ارتفاع العين الكبرى ٤و١ م والصغرى ٧و٠ سنتيمتر

وما تقدم لا صعوبة فيه ومتى كان عرق منحنى العيون يظهر لنا صعوبات ثلاثة لم يصل العلم لحلها مع الضبط التام

الاولى

الاولى تعيين سمك الاكتاف بالنسبة لسعة العيون وما يقع عليها من الاثقال
الثانية سمك البغال
الثالثة مقدار سمك العقد عند المفتاح

والاخيرة هي الاهم من السابقتين لان عظم التدافع واتجاهه و يتبع ذلك المقاومة الحاصلة من نقط الاتكاء مرتبطة بسمك العقد عند المفتاح فلو فرض أن السنج لا تقبل الضغط وأنها موضوعة بعضها فوق بعض من دون سنادات ومون وان العقد لا يحصل فيه ضغط بكيفية مّا

لكان من الواضح لاجل حصول التوازن أن يكون ارتفاع المفتاح كبيرا حتى لا يحصل كسر للاحجار من الضغط الواقع عليها بفرض أن الاكتاف لها سمك مناسب وفي هذا الفرض يجب أن يحسب بالطريقة التي سنشرحها

بأن يحسب مقدار التدافع الافقي الحاصل من نصفي العقد على بعضهما وأيضا مقدار مقاومة الاحجار المستعملة في البناء فبعد ذلك يعلم ارتفاع المفتاح مثلا لو فرض ت التدافع في كل متر و تَ مقاومة الاحجار في كل سنتيمتر مربع من السطح وفرض س ارتفاع المفتاح مقدرا بالمتر فبالضرورة يكون الضغط الواقع على سطح طوله متر واحد وارتفاعه س مساويا ١ × س او س متر مربع وكل سنتيمتر مربع من هذا السطح يحصل منه مقاومة قدرها تَ والسطح الكلي يحصل منه مقاومة قدرها

$$\frac{\text{س متر مربع}}{٠,٠٠٠١\ \text{م}^٢} \times \text{تَ}$$

وحيث ان هذه المقاومة يلزم ان توازن الضغط ت يكون

$$\text{ت} = \frac{\text{س}}{٠,٠٠٠١} \times \text{تَ}$$ ومنها يستخرج

$$\text{س} = ٠,٠٠٠١ \times \frac{\text{ت}}{\text{تَ}}$$

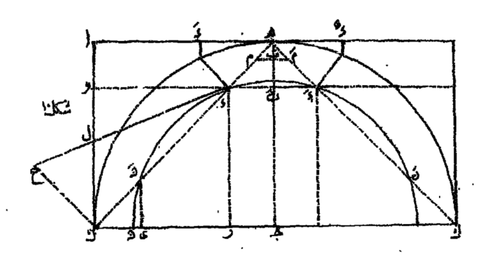
ولنفرض مثلا أن التدافع ت وجد ١٤١٠٠٠ كيلو وأن العقد مبني بأحجار تنكسر اذا وقع على كل ٠,٢٥ سنتيمتر مربع من سطحها ثقل قدره ٢٩٩٤ كيلو

وبما أنه لا يلزم تحميل الاحجار زيادة عن ثلث الثقل الذى يوجب كسرها يكون مقدار المقاومة ألف كيلو على كل ٠,٢٥ سنتيمتر مربع أو ٤٠ كيلو على كل سنتيمتر مربع وهذا هو مقدار ق فلو وضع فى المعادلة السابقة لوجد

$$س = ٠,٠٠٠١ \times \frac{١٤١٠٠٠}{٤٠} = ٠,٣٥٢٥$$

والحساب الماضى مبنى على فروضات لا يمكن الحصول عليها فى العمل أصلا فعلى هذا يقتضى ان نعتبرها كنهاية يمكن التقريب منها ولا يصح الوصول اليها لما يترتب على ذلك من الخطر وهذا الحساب السابق محسوب بالنسبة لقنطرة نويل فى فرانسا وهى من ضمن القناطر الشهيرة ومع ذلك فان ارتفاع العقد عند المفتاح ١,٦٢٤ م وجميع مشاهير المهندسين استعملوا قوانين تجريبية لاجل تعيين سمك العقد عند المفتاح أحدها أن نفرض أن ح فتحة العين مقدرة بالمتر وس ارتفاع المفتاح فيكون $س = \frac{ح}{٢٤} + ٠,٣٢٥ - \frac{ح}{١٤٤}$

أعنى أن يطرح من $\frac{١}{٢٤}$ من الفتحة $\frac{١}{١٤٤}$ من الفتحة المذكورة ويضاف للناتج ٠,٣٢٥ مليمتر والمقادير الناتجة من هذا القانون موافقة لجميع الارتفاعات المستعملة فى القناطر المعلومة الآن وعلى الخصوص العيون التى منحنيها نصف دائرة والمقادير الناتجة من هذا تزيد بكثير عن المقادير المستخرجة من القوانين النظرية ومسألة سمك الاكتاف لم تحل حلا تاما غير أنها صارت واضحة بما صار من التجاريب على كسر العقود فانه متى وضع المفتاح وانفكت عبوة العقد فجزءآه العلويان ءهـ , ءَهـ لم يكونا مسنودين الا بضغط بعضهما على بعض ثم انه بواسطة الضغط الواقع عليهما ونقطة اتكائهما المشتركة فى نقطة هـ من المنحنى الخارج تميل سطوح الالتحامات الى ان تنضم فيها كما شوهد ذلك دائما وبعض المعماريين يقول انه لو وضع فيها فصوص من الخشب لازادت الصلابة وقوة الدفع الحاصلة من جزأى العقد على بعضهما (شكل ١٠)



وقوّة الدفع المذكورة تتجه بالضرورة جهة الاكتاف والاجزاء السفلى من العقد التى
تميل دائما الى الوقوع بأن تدور حول نهايتيها الخارجتين ك , كَ وكل نصف من
العقد ينحل الى جزئين فى نقطة مثل نقطتى ى , ىً اللتين يعتبران فى هذه الحالة كنقط
الاتكاء الى الاجزاء العليا التى بواسطتها يصل تدافعهما الى الاكتاف والنقط المذكورة
توجد ضرورة فى المنحنى الداخل فان لم يكن للاكتاف متانة كافية لاجل مقاومة
ومدافعة العقد فالاربعة اجزاء تقع بدورانها حول النقط ك , ى , هـ , ىً , ك فان
كان فيها كفاية لاستناده فقوّة الضغط تضم سطوح الالتحامات فى المنحنى الخارج
للعقد قريبا من نقطة هـ وفى المنحنى الداخل قريبا من نقطتى ىً , ى ويجعلها
تنفتح فى المنحنى الداخل قريبا من نقطة ف وفى المنحنى الخارج قريبا من نقطتى
ىً , ىَ وفيما سبق فرض أنه وجد سطح الالتحام رأسيا هـ ف فى رأس العقد
مع أنه موجود وسنجه كاملة ولكن هذا الفرض لا ينشأ عنه غلط محسوس فى تعيين
نقطتى ى , ىً المعروفتين بنقطتى الكسر ومن اللزوم معرفة كيفية تعيينهما

ومن الملحوظات الماضية المستنبطة من عدة تجاريب يمكن تأويل أجزاء العقد الى أربع روافع ك ء ، ء هـ ، هـ ءَ ، ءَ ك حاملا كل منها الثقل المطابق للجزء المناظر لها من العقد ويدور حول نقط الاتكاء ك ، ء ، هـ ، ءَ ، ك وهي مرتبطة ببعضها بأذرع وبهذه الكيفية تؤول مسألة توازن العقد الى توازن الروافع المذكورة فاذا فرض أن نقط م ، ف ، مَ ، فَ هي النقط التي تتقابل فيها الروافع بالاعمدة المقامة من مراكز الثقل للاجزاء المقابلة لها من العقد يمكن توهم ان أثقال هذه الاجزاء مجتمعة في هذه النقط وبما أن العقد مقسوم الى قسمين متماثلين بخط هـ ح يكفي اعتبار الرافعتين ك ء ، ء هـ اللتين احداهما وهي الاولى حاملة في نقطة م ثقلا قدره ق في نقطة اتكائها ك والثانية حاملة في نقطة م ثقلا قدره قَ في نقطة اتكائها ء وبما أنه لا يحصل اختلاف اذا استعوض الثقل قَ بثقلين أحدهما في ء ومقداره

$$ قَ \times \frac{هـ م}{هـ ء} \quad أو \quad قَ \times \frac{هـ ف}{هـ ك} $$

وثانيهما واقع في هـ ومبين بهذا المقدار $قَ \times \frac{ء م}{ء هـ}$ او $قَ \times \frac{ف ك}{هـ ك}$ فاذا حللنا هذا المقدار الاخير الى قوتين احداهما أفقية ومبينة بهذا المقدار

$$ قَ \times \frac{ف ك}{هـ ك} \times \frac{ء ك}{هـ ك} \quad (١٦) $$

وثانيتهما مؤثرة في اتجاه الرافعة ء هـ ومقدارها

$$ قَ \times \frac{ف ك}{هـ ك} \times \frac{هـ ء}{هـ ك} $$

والمقدار الاول يصير معدوما بسبب القوة الافقية المساوية له في المقدار والمضادة له في الاتجاه الحاصلة من الجزء الاعلى للعقد هـ ءَ والمقدار الثاني يؤثر في ء على الرافعة ك ء فحينئذ يقع على هذه الرافعة ثلاث قوى مختلفة وهي الثقل ق المؤثر في ف والقوة الرأسية $قَ \times \frac{هـ ف}{هـ ك}$ المؤثرة في ء والثالثة الضغط $قَ \times \frac{ف ك}{هـ ك} \times \frac{هـ ء}{هـ ك}$ المؤثرة في ء في اتجاه هـ ء ويلزم حينئذ لاجل التوازن أن يكون حاصل جمع قدر الثلاث

قوى

قوى مأخوذا بالنسبة الى نقطة ك معدوما فاذا أنزلنا من نقطة ك أعمدة على اتجاهات هى , ىر , هس وضربنا كل قوة فى العمود على اتجاهها يحصل معادلة التوازن وهى

قَ × فكَ/هكَ × هى/هكَ × كع = قَ × هف/هكَ × كر + ق × ك س

ويمكن تحويل هذه المعادلة الى معادلة أخرى أبسط منها بملاحظة أن

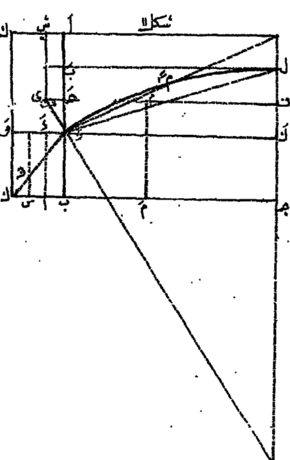
كع = (كو × ىكَ − ىو × هكَ) / هى

وبوضع هذا المقدار فى المعادلة السابقة تصير معادلة التوازن هكذا

قَ×فكَ/هكَ × ىكَ/هكَ × كو = قَ × كر + ق × ك س (١٧)

ومعادلة ١٧ تبين الطريقة اللازم اتباعها فى حساب سمك الاكتاف متى علمت نقطتا الكسر ى , ىَ ولكن بما أن حسابها صعب وجب أن نعطى مثالا للدلالة عليه

شكل ١١



ولنفرض أن العقد قوس دائرة نصفه ك ب ى ل هـ ك وفتحة ٢ ب ح أو ٢ ى كَ = ٢٠ مترا وأن سمك العقد عند المفتاح هـ ل = ١م وأن ب ى = ٥م وأن قوس ى ل = ٣٠° ومن المعلوم أن فى كل عقد من هذا النوع نقط الكسر فى المبدئين وحينئذ فمحل نقطة ى معلوم ويسهل بناء على ذلك تعيين أطوال بقية الخطوط والكميات اللازم البحث عنها الداخلة فى قانون التوازن السابق

(١٧) هى قَ ,ق ,ف كَ ,ى كَ ,هـ كَ ,ك ر ,ك س ومن حيث ان ك ر فى هذا المثال مختلط مع ب ك يكون ف كَ يدل على هـ كَ ويكون ى كَ = ب ح = ١٠ أمتار ولا يبقى الا تعيين مقادير قَ , ق , ف كَ , ك س

ولنعتبر أولا الجزء الفعال من العقد المنحصر فى شكل هـ ش ى ى ل وهذا الجزء يتحلل بواسطة الخطوط الافقية ى حَ ,ىَ ل والخط الرأسى أَ ى الى مستطيلين أَ ىَ ل هـ ,ش ى حَ أَ ومثلث ى ى حَ ومثلث مختلط ىَ ى ل

فلاجل معرفة المساحة الكلية يبحث عن كل من المساحات الماضية

ففى مثلث ى ى حَ عندنا ى ى = هـ ل = ١م وزاوية ى ى حَ = زاوية ى و هـ = ٣٠° وبواسطة هذه المقادير يوجد ى حَ = ٠,٥٠م ,ى حَ = ٠,٨٧م

ومن المعلوم أن ىَ ى = السهم ل كَ = ٢,٦٨م

وحينئذ فجميع أضلاع الاشكال معلومة وبواسطتها تعلم

مساحة مستطيل أَ ىَ ل هـ = ١٠,٠ م م

ومساحة مستطيل هـ ى حَ أَ = ١,٤٠٧ م م

ومساحة مثلث ى ى حَ = ٠,٢١٧ م م

ومساحة

ومساحة مثلث مختلط ء بَ ل = ٨٫٦٧٨ م م
والمساحة الكلية = ٢٠٫٣٠٢

ولننبه على ان مساحة المثلث المختلط ء بَ ل هى التفاضل بين القطاع ء ل مَ والمثلث ء ل بَ

لاجل ايجاد ثقل الجزء الفعال من العقد فى طول المتر الواحد يلزم ضرب المساحة التى وجدناها فى ثقل المتر المكعب من المواد المستعملة انما من حيث اننا لانحتاج فيما نقصده الا الى معرفة النسبة الكائنة بين ثقل جزأى العقد وهذه النسبة كالنسبة بين السطحين فيمكننا حينئذ أن نضع وَ = ٢٠٫٣٠٢ متر مربع وبواسطة مقدار وَ نصل الى مقدار م و أو بعد ثقل الجزء الفعال من العقد الى خط هـ ح بملاحظة أن قوة الثقل وَ بالنسبة لخط هـ ح يعنى حاصل ضرب مساحة شـ ـ ء ل هـ فى بعد مركزه الثقلى الى محور هـ ح تساوى حاصل جمع قدر السطوح المتركب منها فاذا حسبنا لكل سطح بعد مركز ثقله يتكون هذا الجدول الآتى

أسماء الاشكال	مساحة الاشكال	أبعاد مراكز الثقل من خط هـ ح	متوسطها بالنسبة لخط هـ ح
مستطيل آ بَ ل هـ	م م ١٠٫٠٠٠٠	م ٥٫٠٠٠	م م ٥٠٫٠٠٠
مستطيل هـ ـ حَ آ	١٫٤٠٧	١٠٫٢٥	١٤٫٤٢٢
مثلث ـ ء حَ	٠٫٢١٧	١٠٫١٧	٢٫٢٠٧
مثلث مختلط ء بَ ل	٨٫٦٧٨	٧٫٥٣	٦٥٫٣٤٥
مجموع	٢٠٫٣٠٢		١٣١٫٩٧٤

فعلى هذا يكون ف م × ٢٠٫٣٠٢ = ١٣١٫٩٧٤ ومنها

ف م = $\frac{١٣١٫٩٧٤}{٢٠٫٣٠٢}$ = ٦٫٥ م

وبسبب أن نسبة ى ك : م ف = ل ك : هـ ف يكون

هـ ف = ٢٫٣٩ م و

ف ك = هـ ك ـ هـ ف = ١٫٢٩

ولنحسب الآن جزء العقد المقاوم المحصور في شكل ك ك ب ى ح ش وهذا

الشكل يتركب من مستطيل ا ب ى ىَ ومن مثلث ىَ ى ح ومستطيل ك ك ا ش

وحيث ان جميع الاضلاع معلومة ماعدا ك ا المتعلق مقداره بضلع ب ك كما في هذه

المعادلة . . ك ا = ب ك ـ ا ب = ب ك ـ ٠٫٥

فاذا رمزنا الى ب ك بحرف س فمستطيل اَ ك اَ ش تكون مساحته

٨٫٦٨ (س ـ ٠٫٥) = ٨٫٦٨ × س ـ ٤٫٣٤

وأما الاشكال الاخر فنحسب مقاديرها بالسهولة كما في هذا الجدول الآتي

أسماء الاشكال	مساحة الاشكال	ابعاد مراكز الثقل بالنسبة لخط اَ ا	عزوم بالنسبة لخط اَ ا
مستطيل اَ ب ى ىَ	٢٫٥ م م	٠٫٢٥ م	٠٫٦٢٥ م م
مثلث ح ىَ ى	٠٫٢١٧	٠٫٣٣	٠٫٠٧٢
مجموع	٢٫٧١٧		٠٫٦٩٧

فعلى هذا تكون مساحته ا ب ى ح = ٢٫٧١٧ م م ويبعد مركز ثقله عن خط اَ ا

= $\frac{٠٫٦٩٧}{٢٫٧١٧}$ م م = ٠٫٢٦ م وساحة الجزء المقاوم هي حينئذ

قَ = ٢٫٧١٧ + ٨٫٦٨ × س ـ ٤٫٣٤ = ٨٫٦٨ × س ـ ١٫٦٢٣

وبما

وبما أن ك س يدل فى الشكل على بعد مركز ثقل ن الى خط ك ك فاذا أخذنا القدر بالنسبة الى هذا الخط الاخير يحصل عندنا بملاحظة أن بعد مركز ثقل سطح ا ب ء ى الى خط ك ك هو س − ٠٫٢٦

وأن ن × ك س = ٢٫٧١٧ (س − ٠٫٢٦) + (٨٫٦٨ × س − ٤٫٣٤) (س − ٠٫٥ / ٢) ثم نضع المقادير التى وجدت فى معادلة (١٧) فتصير

٢٠٫٣٠٢ × (١٫٢٩ × ١٠) / (٣٫٦٨)^٢ × ٥ = ٢٠٫٣٠٢ × س + ٢٫٧١٧

(س − ٠٫٢٦) + (٤٫٣٤ × س − ٢٫١٧) (س − ٠٫٥)

وهذا يؤول الى ٤٫٣٤ × س^٢ + ١٨٫٦٧٩ × س = ٩٦٫٢١٦

ومنها نستخرج س أو ب ك = ٣٫٠٢ واذا أجرى الحساب وأخذت جملة خانات اعشاريه فى جميع المقادير يحدث ب ك = ٢٫٩٥

وتعين أبعاد نقط الثقل سهل حينما تكون الاشكال مستقيمة الاضلاع كما هى هنا مثلثات قوائم الزوايا ومستطيلات و يكفى معرفة أن نقطة الثقل للمستطيل هى تقاطع قطريه وان النقطة الثقلية للمثلث هى تقاطع الخط الواصل من زواياه الى منتصف الاضلاع المقابلة فعلى هذا بعد النقطة الثقلية فى المستطيل عن أحد أضلاعه هى نصف الضلع المجاور وأن بعد النقطة الثقلية فى المثلث القائم الزاوية الى أحد أضلاع القائمة هو ثلث الضلع الآخر من القائمة وأما المثلثات المختلطة فحيث ان حساب الابعاد فيها صعب وعلى الخصوص فى العقودات المرجونية التى لابد فيها من تكوين جملة من هذه الاشكال

فالاوفق والمناسب استعمال الطرق الرسمية وهى تؤدى الى مقدار قريب جدا من الحقيقة وأسهل تلك الطرق أن يرسم فى داخل المثلث المختلط جملة خطوط موازية لاحد أضلاعه المستقيمة وتقسم الخطوط الموازية المذكورة الى قسمين متساويين ويمرر من نقط التقسيم منحن ثم يمرر بها أيضا خطوط موازية كذلك لضلع آخر وتنصف تلك الخطوط ويمرر من نقط التنصيف منحن آخر فيتقاطع المنحنيان فى نقطة تكون هى النقطة الثقلية المطلوبة

ولو أريد معرفتها بالحساب لكان المثلث المختلط ت ء ل هو التفاضل بين القطاع ب ء ل مً والقطعة أ ء ل مً وعلى هـذا فقدرته بالنسبة الى محور هـ ح هى التفاضـل بين قدرتى هذين الشكلين بالنسبة للمحور المذكور وبمـا أن مساحة مثلث ت ء ل هى نصف ت ء × ت ل = ½ × ٢٫٦٧٩٥ × ١٠ = ١٣٫٣٩٧٥ وبعد مركز الثقـل عن خط هـ ح يساوى ثلثى ت ل = ٦٫٦٦٦٧ وقـدرته تساوى ٨٩٫٣١٦٧ وسطح القطعة يساوى ٤٫٧١٩٨ وبعد مركز ثقله الى نقطة و محسوب عـلى نصف القطر المـار بهذين المركزين ويقسم قوس ء مً ل الى قسمين متساويين مقـدار كل منهما $\frac{1}{12} \times \frac{\text{مكعب العقد}}{\text{سطح القطعة}} = ١٩٫٠٩١٣$ ومن هنا يستخرج بعد مركز الثقل للقطعة بالنسبة لمحور هـ ح = ٥٫٠٧٠٧ ومنها يستخرج مقـدار القدرة ٢٣٫٩٣٢٣ وقدرة المثلث المختلط تـكون حينئذ

٨٩٫٣١٦٧ − ٢٣٫٩٣٢٣ = ٦٥٫٣٨٤٤ وبما أن مساحتها تساوى ٨٫٦٧٧٧ متر مربع يكون بعد مركز ثقله عن محور هـ ح هو

$$\frac{٦٥٫٣٨٤٤}{٨٫٦٧٧٧} = ٧٫٥٣٤٨$$

وعظم الضغط الافقى الحاصل من نصف العقدين على بعضهما داخل فى الـكميات المستعملة فى حساب الاكتاف ومقداره وجد فيما سبق

$$\bar{ق} \times \frac{\bar{ف}}{\bar{ه}} \times \frac{\bar{ء}}{\bar{ه}}$$

وهو معامل كَ فى الحـد الاول من معـادلة التوازن (١٧) ومقداره العـددى بالمقادير المفروضة فى المثال الماضى يكون

$$٢٠٫٢٠٢ \times \frac{١٫٢٩ \times ١٠}{(٣٫٦٨)^٢} = ١٩٫٣٣٩ \text{ متر مربع}$$

ويكفى ضرب هذا المقدار فى وزن المتر المكعب من الحجر المستعمل لاجل تعيين المقدار التام

التام للتدافع الافقى فان فرض ان وزن المتر المكعب من الحجر المستعمل ٢٢٦١ كيلو تكون قوة تدافع نصفى العقد بن على بعضهما هى ٢٢٦١ كيلو × ١٩٫٣٣٩ = ٤٣٧٢٥ كيلو ومن هذا يشاهد أن سمك العقد عند المفتاح هو من جملة الكميات الداخلة فى تعيين التدافع الافقى وأن القاعدة المشروحة فى (بند ٢) ليس لها نفع الا فى اختبار كون الطول المستعمل لاجل المفتاح هل هو موافق لمقاومة الحجر المستعمل أم لا

والحسابات التى أجريناها وتطبيقات قانون التوازن (١٧) تتوقف على معرفة نقط الكسر فى العقود والنظريات بمفردها لا تكفى لتعيين النقط المذكورة بل يلزم المساعدة بالتجاريب وحينئذ متى أريد عمل عقد يلزم بعد رسم منحنيه جعل جملة فروضات على وضع نقطة ى كما فى شكل (٨) السابق ثم يحسب فى كل فرض المقدار المقابل الى ـ ك مع ملاحظة نتائج التجاريب والقناطر الموجودة التى شكلها يقارب من شكل القنطرة التى يراد عملها وأكبر مقادير ـ ك يصير استعماله وموضع نقطة الكسر يتعين بالمقدار المقابل لقوس ـ ى وأحد مشاهير المعمار بين عمل الجدول الآتى الذى فيه جميع هذه الحسابات لجميع القناطر المستعملة الآن

(وهاك صورة الجدول)

مواضع نقط الكسر	مقادير الا كا	أسماء أنواع العقودات
درجه		
٢٧	٠٫٤٥	عقد منحنيه نصف دائرة
٤٥	٠٫٦٦	عقد مرجونى منخفض بقدر الثلث
٥٤	٠٫٨٢	عقد مرجونى منخفض بقدر الربع
٠٠	٢٫٩٥	عقد قوس دائرة قدره ٦٠° فوق اكتاف ارتفاعها ٥م

وهذه الاعداد محسوبة لعقودات مستوية السطح الاعلى ومنحنيها ٢٠م وسمكها عند

المفتاح أ وعدد الدرج المكتوبة فى الخانة الاولى يعد من مبدأ المنحنى وعلى القوس الاصغر فى المحنى المرجونى نفرض ان المرجونيات المذكورة مرسومة من ثلاثة أقواس متساوية وكل منها = ١/٦ سدس المحيط

وهذه النتائج قليلة بالنسبة لسمك الاكتاف المستعملة عند مشاهير المعماريين لكن حيث ان النظريات مفروض فيها أن أجزاء العقود مرتبطة ببعضها ارتباطا تاما ولا تقبل الضغط فلا غرابة فى كون التجاريب تدل على أسماك اكبر من الاسماك التى تنتج من النظريات وبالمثل فانه مفروض فى النظريات السابقة أن كسر العقود لا يحصل الا بدوران الاكتاف حول نهاياتها الخارجة ومع ذلك فيمكن أن الجزء الاعلى ينزلق على الجزء الاسفل ويحصل انفصال أفقى والمقاومة الناشئة من الكتف لهذا النوع الثانى من التحرك تتعلق بالتصاق المون وبالاحتكاكات التى لم يسهل تعيين تأثيراتها الناشئة عنها

ومن التجاريب التى أجراها أحد مشاهير المهندسين ظهر ان التصاق المون مناسب الى السطح ويمكن تقديره بهذا المقدار ٦٩٦٠ كيلو تقريبا فى كل مترمربع من السطح فى المونة المركبة من الجير والرمل بمقدار ٣٧٠٠ كيلو فى المونة المركبة من الجير والحمرة أو خلاف ذلك ومقدار هذا الالتصاق يتغير قليلا بالنسبة الى الزمن ومقداره بعد السنين الاول عين مقداره بعد جملة سنين والمونة المركبة من الجير والرمل لا تتربع عن المون الاخر فى المبانى المائية وفى هذه الحالة مونة الحمرة تتجمد بسرعة مع أن مونة الرمل تبقى رخوة والمعمارى الشهير المذكور بين أن النسبة بين الاحتكاك والضغط هى كمية ثابتة وأن هذه النسبة فى احتكاك حجر على حجر من جنسه أو على سطح من المونة المتجمد فى الهواء والكمية المقابلة هى متوسط ٠,٧٦

فاذا أدخلنا هذه المقادير فى المسألة فى حالة الانفصال الافقى نتحصل على معادلة التوازن هذه

$$ق \times \frac{فكَ}{هكَ} \times \frac{ءكَ}{هكَ} = ٦٩٦٠ \times ك\,ر + ٠,٧٦\ (قَ + ق)$$

وهذه المعادلة تعطى مقادير تقارب لما هو مستعمل عند المعماريين فاذا لم يعتبر الضغط الرأسى الحاصل من ثقل الاجزاء العليا للعقد فمعادلة التوازن تصير

ق

قَ × فكَ/هكَ × ءكَ/هكَ = ٦٩٦٠ × كر + ٠,٧٦ × ق   (١٨)

وفى هاتين المعادلتين الاخيرتين لايمكن اعتبار ق , قَ أنهما سطحان كما سبق بسبب ثقل ٦٩٦٠ الداخل فى الحد المتعلق بالتصاق المون ولكن قد يمكن أن يبقى لهما هذا المعنى بادخال وزن الثقل النوعى للحجر المستعمل أو وزن المتر المكعب منه فى المعادلة فان رمزنا للثقل النوعى هذا بحرف ث فمعادلة التوازن (١٨) تصير

ث قَ × فكَ/هكَ × ءكَ/هكَ = ٦٩٦٠ × كر + ٠,٧٦ × ث ق

وحينئذ فكمية قَ تدل على مساحة الجزء الفعال من العقد وكمية ق تدل على مساحة الجزء المقاوم وبتطبيق هذه المعادلة على حساب عقود مشابهة للعقود الموجودة فى الجدول السابق بفرض أن الانفصال يصير فى مبدأ العقد وان ثقل المتر المكعب من الحجر ٢٦٠٠ كيلو جرام يحدث الجدول الآتى

(وصورته هكذا)

موضع نقطة الكسر	سمك الاكتاف	أسماء أنواع العقود
١٣° ٣٠'	١,٣٢ م	عقد اسطوانى قوسه نصف دائره
٣١ ٣٠	١,٦٢	عقد مرجونى منخفض بقدر الثلث
٤٠ ٣٠	٢,٢٤	عقد مرجونى منخفض بقدر الربع
٠٠ ٠٠	٣,٠٩	عقد قوس دائرة قدره ٦٠°

وسمك الاكتاف فى هذا الجدول هو أقل أيضا من المعتاد استعماله فان اقتضى الحال زيادة السمك فلا مانع غير أن الطرق المتبعة عند المعماريين تعطى أسماكا كبيرة جدا

ولم يبق علينا الا تعيين سمك البغال وهو يتعين بطريقتين بحسب كون البغلة معدة لتحمل العقد فقط أو أنها تستعمل ككتف وتقاوم تدافع العقود

ففى القناطر التى عيونها تنقص واحدة بعد أخرى يقتضى لمنع الخطر أن يعطى الى البغلة القوة اللازمة حتى تقوم مقام كتف الا انه وان كانت الصلابة تقتضى اتساع الكتف لا يلزم اتساعه كثيرا لما يترتب على ذلك من زيادة اندماج المياه فحينئذ يلزم أن يعطى السمك اللازم فقط ومتى كان القصد بالبغلة هو تحمل سمك العقد تكون مقاومة الحجر المستعمل فى بنائه هى الشئ المقتضى الالتفات اليه

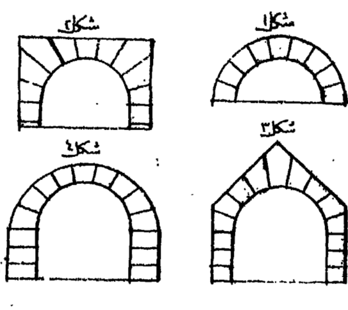
(ملحوظة)

والعقودات الاسطوانية تتركب من منحن داخل ويسمى بتنفيخ العقد ومنحن آخر موازله يسمى ظهر العقد فاذا كان المنحنيان متحدى المركز يقال ان ظهر العقد موازشكل ١

واذا استعوض منحنى الظهر بخط موازللافق يقال ان ظهر العقد أفقى شكل ٢

واذا استعوض المنحنى بسطحين ماثلين مجتمعين فوق منحنى التنفيخ فى نقطة على عمود الوسط يقال ان ظهر العقد مقوسر كما فى شكل ٣

واذا فرض أن ظهر العقد قوس دائرة وغيره مواز للتنفيخ يقال ان ظهر العقد قوس دائرة شكل ٤



ويمكن

ويمكن حساب سمك العقودات المذكورة بهذه الطريقة ويلزم في العقد الموازي أن لا يكون سمكه أقل من $\frac{١}{١٧}$ من قطر التنفيخ ويستعمل هذا السمك أيضا في العقودات المقوسرة التي قوسرتها ٤٥° أي سمك يوافق ولا يحصل له خلل فوق الارض والعقد الافقي يلزم أن سمكه لا يكون أقل من $\frac{١}{٤٦}$ من قطر التنفيخ وسمك المفتاح في الثلاثة عقود المذكورة يستخرج من هذه المعادلة

$$\text{س} = \frac{\text{١٠ نق} + \text{٤٦٫٧٧٧}^{\text{م}}}{\text{١٤٤}}$$

س = سمك العقد نق = نصف قطر التنفيخ والقانون السابق يوافق جميع الحالات التي لا يزيد فيها نق عن ١٥^م والقانون المذكور يوافق العقود المرجونية والعقود المصنوعة من قوس دائرة ويلزم اعتبار نق نصف قطر دائرة الظهر أو الدائرة الخارجة

وفي العمل لاجل حساب سمك رجل العقد التي ارتفاعها لا يزيد عن الجاري يفرض أن العقد منفرد أعني منعزلا ولم يخش عليه من وقوع البناء ويجعل سمك الرجل = نصف نصف قطر التنفيخ وسمك العقد = مترا واحدا وفوقه متر تراب ومتى كانت جملة عقود مجتمعة مع بعضها كعيون القناطر فرجل العقد النهائي تحسب بهذه الطريقة ويعطى لسمك الرجل الوسطى مقدار مناسب لما تحمله من الاثقال أو الضغط

(ملحوظة تختص بالعقود الاسطوانية)

اذا فرض أن العقود المذكورة جعول لهاظهر بحيث يكون سمكها في استواء الخصر ضعف سمكها عند المفتاح يمكن حساب سمك العقود المذكورة بالقوانين الآتية

اذا فرض أن ق القطر للعقد و س سمكه عند المفتاح ففي العقود المعرضة لحمل الاثقال الجسيمة مثل عيون القناطر مثلا يكون

$\text{س} = \text{٠٫٤٠}^{\text{م}} + \text{٠٫٠٤}^{\text{م}} \times \text{ق}$ وفي العقود المعرضة لحمل أثقال معتادة مثل العقود التي تحمل أماكن السكن والصهاريج يكون

$س = ٠٫٢٠^{م} + ٠٫٠٢^{م}\ ق$ وفى العقود التى لاتحمل فضلا عن ثقلها الخاص مثل العقود التى تحمل سقف الاود والعقود المصنوعة من الطوب يستعمل هذا القانون $س = ٠٫١٠^{م} + ٠٫٠١^{م}\ ق$ وفى العقود التى ظهرها أفقى وقطرها ق و ح سمكها عند المفتاح يستعمل هذا القانون $ح = \frac{٤٦٫٧٧ + ٢٥ ق}{١٤٤}$ وهذا القانون استعمله المعلم بيرونى لاجل حساب سمك عيون القناطر والسمك الحاصل فيها للعقود المعرضة للخلل قليلا

وفى العقود المرجونية يستعمل عوضا عن ق ضعف نصف قطر قوس الرأس ولو أننا ذكرنا فيما سبق أن العقود التى سمكها عند الخصر متر وفوقها متر من الاتربة فيها كفاية لمقاومة صدم البناء وخلافه لكن لاضرر فى الدلالة على القوانين التى بها استدلوا على السمك المذكور

ولنفرض أن ق قطر العقد الذى ظهره مقوس وأن ح السمك عند الخصر المقتضى حسابه وان ق قطر عقد ثوبان $ق' = ٨٫١٢١^{م}$ وان سمك خصر عقد ثوبان $ح' = ٠٫٩٧٤٥$ فيكون $ق' : ق :: ح'^{٢} : ح^{٢}$ ومن هنا يكون $ح = \frac{ح' \sqrt{ق}}{\sqrt{ق'}}$

أو $ح = ٠٫٣٤١٩٦ \sqrt{ق}$ ورسم المعادلة المذكورة يدل على منحنى قطع مكافئ أبعاده الافقية هى أقطار العقود والمعادلة الرأسية المطابقة هى سمك الخصر لاجل أن العقد يكون فيه الصلابة الكافية لمقاومة صدم البناء أو المحذوفات وهاك رسمها

قطع مكافى $ح = ٠٫٣٤١٩٦ \sqrt{ق}$

قطر العقود

(فى مقاومة المواد)

هـذه المسألة توجـد فى علم الميكانيكا مبرهنا عليها لكن لما كان القصـد أن نجمع فى ملخصنا هذا ما هو لازم ومهم للتلامذة حتى انه لا يحصل لهم توقف فى العمليات المختصة بهـذا العـلم التزمنا أن نشرح حالات هـذه المسـئلة بوجه مختصر عار عن النظريات والبراهين ليعرف بواسـطة القوانين والجداول الآتى بيانها المتعلقة بهـذه الحالات أوّلا الثقل الذى تتحمله قطعة من الخشب أو الحديد معلومـة الشكل والابعـاد بحيث انها لا تنكسر ولا تتغير طبيعتها وثانيا الابعاد اللازمة للقطعة المفروضة بحيث تتحمل ثقلا معلوما بدون انكسار ولا تغير فى طبيعتها فنقول

ان القطع المستعملة فى العمليات سواء كانت من حديد أو من خشب اسطوانيـة الشكل كانت أو منشورية عرضة لثلاث تأثيرات مختلفة لانها اما أن تكون موضوعة وضعا رأسيا والثقل واقع عليها من أعـلى الى أسفل فى اتجاه أليافها واما أن تكون موضوعـة وضعا رأسيا ومجذوبة الى الاسفل بواسـطة ثقل معلق فى نهايتها السفلى واما أن تكون موضوعة وضعا أفقيا بطرفيها على حاملين مثبتين والثقل واقع عليها بينهما أما النوع الاوّل وهو ما اذا كانت القطعة موضوعـة وضعا رأسيا والثقل واقع عليها من أعلى الى اسفل فى اتجاه أليافها فقد وضعوا له جـدولا رمزوا فيـه بالحرف ط لطول القطعة وبالحرف ب لاصغر بعدى قطع القطعة وهاك صورته .

(جدول ١)

أسماء المواد	الثقل الذي يمكن وضعه بدون مضرة على كل سنتيمتر مربع من سطح القطع العرضي عندما تكون نسبة الطول ط الى أصغر الابعاد ب			
	ط أقل من ١٢ ب	ط = ١٢ ب	ط = ٢٤ ب	ط = ٧٢ ب
	ك	ك	ك	ك
بلوط صلب	٣٠ الى ٤٠	٢٥	١٥	٠٥
بلوط اقل صلابه	١٩	٨٫٤٠	٥٫٦	٠٠
تنوب اوشوح أصفر اواحمر	٤٠ الى ٥٠	٣٥٫٠٠	٢٠٫٠٠	٧٫٥٠
تنوب اوشوح أبيض	٩٫٧	٨٫٠	٤٫٩٠	٠٠
حديد مطرق	١٠٠٠	٨٣٥٫٠	٥٠٠٫٠	١٦٧٫٠٠
حديد زهر	٢٠٠٠	١٦٧٠	١٠٠٠	٣٣٣٫٠
نحاس صب	٨٢٣	٠٠	٠٠٠	٠٠

أسماء المواد	ط أقل من ١٢ ب
	ك
سماق أوحجر الطبخ	٢٠٠
صوّان صلب	٧٠
صوّان معتاد	٤٠
رخام صلب	٧٩
آجر جيد الحرق	١٥
آجر أحمر	٦
آجر قليل الاستواء	٤
حجر جير صلب	٣٠
حجر معتاد	١٢
جبس معجون بالماء	٥
شرحه بماء الجير	٧٫٣٠
خرسانه جيده	٤٫٠٠
مونه معتاده رمل وجير	٣٫٥٠
مونه جير وحمره	٤٫٨٠

فاذا كان المطلوب معرفة الثقل الذى تتحمله قطعة من خشب البلوط طولها خمسة أمتار وبعدا قطعها المستطيل ٠,١٥ م و ٠,٢٠ م يضرب ١٥ × ٢٠ يساوى ٣٠٠ سنتيمترا مربعا ومن حيث ان ١٥ سنتيمتر تساوى $\frac{١}{٣٣}$ من الطول وان هذا العدد منحصر بين ٢٤ و ٤٨ يكون الثقل اللازم وضعه على كل سنتيمتر مربع من سطح القطعة $\frac{١٥+٥}{٢} = ١٠$ فحينئذ يلزم ضرب هذا العدد فى سطح القطع وهو ٣٠٠ فينتج ٣٠٠٠ وهو الذى تتحمله القطعة من الخشب بدون أن تتغير وقد وضعوا جدولا لبيان الثقل الذى اذا وقع على كل مليمتر مربع يوجب كسره وهاك صورته

(جدول ٢)

أسماء المواد	مقاومة كل مليمتر مربع
	ك ك
بلوط فرنساوى	٣,٨٥ الى ٤,٦٣
شوح	٤,٦٢ الى ٥,٣٨
بلوط انكليزى	٢,٧١
شوح أبيض	١,٣٥
صنوبر امريكه	١,١٣
الدردار	٠,٩٠

وهذا الجدول يجرى فى ايجاد مقادير الحوامل الثابتة مثل الحيطان والاعمدة والاكتاف والخوازيق ونحو ذلك لكن الحوامل المصنوعة من الدبش لا يستعمل فى ايجاد مقاديرها الا نصف الثقل الذى يقع على نحو الاعمدة التى من جنسها

ويلزم فى المبانى الدائمة أن لا يوضع فوق الاخشاب ثقل يزيد عن $\frac{١}{١٠}$ الثقل الذى يوجب كسرها وأما المبانى القليلة الاهمية أو الغير دائمة فلا يوضع فوق الاخشاب فيها الا السدس أو الخمس ويلزم أن لا يوضع فوق الحديد والحديد الزهر فى الاثقال الدائمة الا خمس أو ربع الثقل الذى يوجب كسرهما وأما الخوازيق من الاخشاب فلا يوضع على كل سنتيمتر مربع من سطحها الا ثقل قدره ٣٠ ك أو ٣٥ ك

والمقادير الموجودة فى هذا الجدول تستعمل متى كان طول القطعة لا يزيد عن أصغر بعدى قطعها بمقدار ثمان مرات وأما ان زاد عن ذلك فانه يجب تنقيصه بكيفية تبين فى هذا الجدول الآتى وهاك صورته

خشب		زهر		حديد مطرق	
نسبة الطول الى أصغر الابعاد	نسبة المقاومة الى الكسر	نسبة الطول الى أصغر الابعاد	مقاومة الكسر	نسبة الطول الى أصغر بعد	مقاومة الكسر
من ١ الى ٨	١	١	١	١	١
١٢	٥/٦	٢٧	١/٢	٤	٢/٣
٢٤	١/٢	٥٤	١/٤	٨	١/٢
٣٦	١/٣	٨١	١/٨	٣٦	١/١٥
٤٨	١/٦	١٠٨	١/١٦		
٦٠	١/١٢	١٣٥	١/٣٢		
٧٢	١/٢٤	١٦٢	١/٦٤		
		١٨٩	١/١٢٨		
		٢١٦	١/٢٥٦		
		٣٤٣	١/٥١٢		

والمقادير الناتجة من هذا الجدول تستعمل غالبا فى القطع المتحركة فى الآلات

ففى المثال المتقدم نضرب ١٥٠ مليمتر فى ٢٠٠ مليمتر ثم الحاصل فيما يتحمله كل مليمتر مربع بالنسبة لخشب البلوط وهو ٣,٨٥ فنجد أن هذه القطعة تتحمل ١١٥٠٠٠ ك وعشر هذا المقدار يكون ١١٥٠٠ ك لكن لما كان طول القطعة ٣٣ مرة أصغر بعدى قطاعها كان بموجب الجدول السابق لا يوضع فوق القطعة الخشب الا ثلث المقدار الذى وجد أعنى $\frac{١١٥٠٠}{٣}$ = ٣٨٥٠ ك وهو الثقل اللازم البحث عنه

واذا كان المطلوب معرفة عدد الخوازيق المتخذة من خشب البلوط التى تتحمل بناء

ثقله

ثقله ٢٠٠٠٠٠٠ ك بفرض أن طول كل خازوق ٥,٤٠ م وقطره ٠,٣٠ م
ثم يقال حيث ان النسبة ما بين الطول والقطر ١٨ يكون الثقل الذى يمكن وضعه على
كل سنتيمتر مربع بمقتضى جدول (١) $\frac{١٥+٢٥}{٢} = \frac{٤٠}{٢} = ٢٠$
ومن حيث ان سطح قطاع الخازوق = ٧٠٦ سنتيمتر مربع يكون الثقل الذى
يتحمله كل خازوق ٧٠٦ × ٢٠ = ١٤١٢٠ فحينئذ يكون عدد الخوازيق
$\frac{٢٠٠٠٠٠٠٠}{١٤١٢٠} = ١٤١٦$
وهاك جدولا آخر لبيان الاثقال التى اذا وضعت على كل سنتيمتر مربع من سطح القطع
تشأ عنها كسرها

أسماء الاخشاب	مقاومة	أسماء المعادن	مقاومة
بلوط فرنساوى	٣٨٥٠٠ الى ٤٦٣	زهر الحديد الازرق	من ١٠٠٠٠ الى ١٠٢٠٠
تنوب أوشوح فرنساوى	٤٦٢ الى ٥٣٨	زهر الحديد الابيض	من ١٢٥٠٠ الى ١٥٠٠٠
بلوط انكليزى	٢٧١٠	حديد مطرق	٤٩٤٥
تنوب أوشوح انكليزى	١٣٥٠٠	حديد صب	٩٥٢٢ الى ٢٥٢٠٠
صنوبر أمريقه	١١٨٠٠	نحاس مطرق	٧٢٤٥
غرغاج	٩٠٠٠	نحاس أصفر	١١٥٨٤
		قصدير مصبوب	١٠٨٧
		رصاص سبائك مصبوب	٥٤٠

فاذا أخذت مكعبات من خشب البلوط وجعل عليها ثقل لو وزع على كل سنتيمتر مربع
من سطحها الخصه ٣٨٥ ك أو ٤٦٣ ك فانها تنكسر فى الحال وكذا اذ زاد طول القطعة
المذكورة حتى صار مثل أصغر أبعاد قطعها سبع أو ثمان مرات ووضع على كل سنتيمتر

مربع من سطحها الثقل المذكور فانها تنكسر كذلك لكن اذا زاد الطول عن هذه النسبة بحيث صار مثل أصغر الابعاد عشر مرات أو اثنتى عشرة مرة فانها تبتدئ أولا بالانحناء ثم تنكسر بعد ذلك وأما الحديد فانه ينضغط اذا وقع على كل سنتيمتر مربع من سطح قطعه ١٠٠٠٠ ك ولا ينحنى الا اذا كان طول القطعة مثل أصغر الابعاد عشر مرات وأما اذا كان الطول أقل من عشر مرات فلا تتغير المقاومة والمقاومة تبتدئ فى التناقص كلما زاد الطول عن هذه النسبة وتعرف مقاديرها من الجدول السابق

وأما النوع الثانى وهو ما اذا كانت القطعة موضوعة وضعا رأسيا والثقل واقع عليها من أعلى الى أسفل أى انها مجذوبة الى الاسفل بواسطة ثقل معلق فى نهايتها السفلى فألياف القطعة تمتد بكمية تختلف باختلاف طبيعة كل نوع من أنواع مواد القطعة لكنها فى المادة الواحدة تكون مناسبة للطول وللقوة الجاذبة أى الثقل وتكون على النسبة العكسية بالنظر لسطح القطع العرضى المعتبر للقطعة المذكورة

وما ذكرناه مطرد اذا لم يوجب الثقل المعتبر رجوع الالياف الى طبيعتها لو رفع عنها وهذه النهاية بالنسبة لتمدد الالياف هى المعروفة بنهاية المرونة الطبيعية للمادة فيلزم فى العمليات أن لا تتعدى هذه النهاية بل الاحسن عدم الوصول اليها والقانون الذى به يعرف مقدار امتداد الالياف عندما يكون مؤثرا فيها ثقل ما

هو $مد = \frac{ق}{ث \times سط}$ ومنها يستخرج $ث = \frac{ق}{مد \times سط}$ فالرمز مد كناية عن تمدد الجسم فى كل متر من طوله وهو يحسب بالمتر والرمز ق كناية عن الثقل وهو يحسب بالكيلوجرام والرمز سط كناية عن القطع العرضى للجسم وهو يحسب بالمليمترات المربعة والرمز ث كمية ثابتة فى كل مادة من نوع واحد وهى المعروفة بمكرره

وهاك جدولا لبيان المرونة لمقادير ث , ق , مد المقابلة لنهاية المرونة لعدة من المواد صورته هكذا

أسماء المواد	مقادير مد مليمتر	مقادير ق فى كل مليمتر مربع من سطح القطع	مقادير ن فى كل مليمتر مربع من سطح القطع
	مليمتر	ك	ك
بلوط	١/٦٠٠ = ٠٫٠٠٠١٦٧	٢٫٠٠	١٢٠٠
شوح أبيض أو أصفر	١/٨٥٠١ = ٠٫٠٠٠١١٧	٢٫١٧	١٣٠٠
شوح أحمر أو صنوبر	١/٤٧٠ = ٠٫٠٠٠٢١٠	٣٫١٥	١٥٠٠
لاريس	١/٥٢٠ = ٠٫٠٠٠١٩٢	١٫٧٣	٩٠٠
حديد طرى مصنوع قضبان رفيعه	١/١٢٥٠ = ٠٫٠٠٠٠٨٠	١٤٫٧٥	١٨٠٠٠
حديد مصنوع قضبان سميكه	١/١٥١٥ = ٠٫٠٠٠٠٦٦	١٢٫٢٠٥	٢٠٠٠٠
صلب تساوى عظيم	١/٨٣٥ = ٠٫٠٠٠١٢٠	٢٥٫٠٠	٢١٠٠٠
صلب صب	١/٤٥٠٠ = ٠٫٠٠٠٢٢٢	٦٦٫٠٠	٣٠٠٠٠
زهر الحديد مصبوب رفيعه	١/١٢٠٠ = ٠٫٠٠٠٠٨٣	١٠٫٠	١٢٠٠٠
سلوك نحاس			١٣١٠٠
سلوك نحاس أصفر	١/٧٤٢ = ٠٫٠٠٠١٣٥	١٥٫٠٠	١٠٠٠٠
نحاس أصفر مصبوب	١/١٣٢٠ = ٠٫٠٠٠٠٧٦	٤٫٨٠	٦٤٥٠
برنج المدافع مصبوب	١/١٥٩٠ = ٠٫٠٠٠٠٦٣	٢٫٠٠٠	٣٢٠٠
سلك رصاص نقى مسحوب بارد قطره ٠٫٠٠٤	١/١٤٩٠ = ٠٫٠٠٠٠٦٧	٠٫٤٠	٦٠٠
سلك رصاص غير نقى بارد قطره ٠٫٠٠٦	١/٢٠٠٠ = ٠٫٠٠٠٠٥٠	٠٫٤٠	٨٠٠
رصاص عاده مسبوك	١/٤٧٧ = ٠٫٠٠٠٢١	١٫٠٠	٥٠٠

فبهذا الجدول والقانون المتقدم يمكن معرفة مقدار تمدد أى جسم اذا كان كل من الثقل المؤثر فيه وطوله وقطعه معلوما

مثلا اذا كان معنا قضيب من حديد سطح قطعه ٥٠٠ مليمتر مربع وطوله ثمانية أمتار ومعلق فى أسفله ثقل قدره ٣٠٠٠ ك والمطلوب معرفة مقدار تمدده يبحث أولا عن قوة التمدد فى كل مليمتر مربع من هذه المتناسبة $\frac{ط ق^{٢}}{٤}$: ٦٠٠٠ :: ١ : س

ومنه س = $\frac{٦٠٠٠ \times ٤}{٣{,}١٤١٦ \times ٥^{٢}}$ = ٨٫٤٩ ك

وبالجدول السابق يعرف أن مقدار الثقل الموافق لنهاية المرونة فى قضبان الحديد فى كل مليمتر مربع ١٢٫٢٠٥ وأن التمدد ٠٫٠٠٠٦٦ فحينئذ يعرف التمدد فى كل متر فى الطول بواسطة هذه النسبة

١٢٫٢٠٥ : ٠٫٠٠٠٦٦ :: ٨٫٤٩ : س = ٠٫٠٠٠٤٦

فيكون التمدد الكلى = ٦ × ٠٫٠٠٠٤٦ = ٠٫٠٠٢٧٦ م

وبالمثابة المتقدمة يعرف التمدد الكلى فى قضيب من الحديد طوله ٨ م وسطح قطعه ٥٠٠ مليمتر مربع اذا وقع عليه جذب ثقل قدره ٣٠٠٠ ك

فبناء على ما ذكر يكون ٠٫٠٠٠٦٦ × ٨ × $\frac{٣٠٠٠}{١٢{,}٢٠٥}$ × $\frac{١}{٥٠٠}$ = ٠٫٠٠٢٦

وينبغى فى العمليات أنه لا يستعمل الا نصف الثقل الموافق لنهاية المرونة الموجودة فى الجدول وهذا يكون فى المبانى التى تبقى مدة طويلة من الزمن فاذا كانت الاثقال ثابتة لا تتغير وكان زمن بقائها قليلا استعمل ثلاثة أرباع الاعداد الموجودة فى المرونة

ولنذكر جدولا لبيان الاثقال التى اذا وضعت على كل مليمتر مربع من سطح القطع العرضى للاجسام المفروضة أوجبت كسرها ولبيان المقادير التى لا ينشأ عنها مضرة فى استعمالها بالعمليات وهاك صورته

أسماء الاجسام	ثقل على كل مليمتر مربع	
	موجب الكسر	مستعمل من غير حدوث ضرر
بلوط (صلب	٨,٠٠	٠,٨٠
في جهة العروق (أقل صلابة	٦,٠٠	٠,٦٠
شوح	٨,٠٠ الى ٩,٠٠	٠,٨٠ الى ٠,٩٠
دردار	١٠,٤٠	١,٠٤
بقس	١٤,٠٠	١,٤٠
زان	٨,٠	٠,٨٠
كمثرى	٦,٩٠	٠,٦٩
عمودي على جهة العروق		
بلوط	١,٦٠	٠,١٦٠
حور	١,٢٥	٠,١٢٥
لاريس (صنوبر)	٠,٩٤	٠,٠٩٤
سلوك نحاس أحمر (جيد واحد ملي قطر	٧٠,٠	١١,٦٧
(وسط واحد الى اثنين قطر	٥٠,٠٠	٨,٣٣
(ردي	٤٠,٠٠	٦,٦٧
سلوك نحاس أصفر (جيد واحد ملي قطر	٨٥,٠	١٤,١٦
(متوسط	٥٠,٠	٨,٣٣
قصدير مصبوب	٣,٠	٠,٥٠
روح توتيه شرحه	٦,٠	١,٠٠
رصاص شرحه	١,٢٨	٠,٢١٣
روح توتيه جلخ	٥,٠٠	٠,٨٣٣
رصاص شرحه	١,٣٥	٠,٢٢٥
سلك رصاص قطره ٤ ملي	١,٣٦	٠,٢٢٧

أسماء الاجسام		ثقل على كل مليمتر مربع	
		موجب الكسر	مستعمل من غير حدوث ضرر
مسحوب قضبان حديد مطرق	(الاجود قضبان رفيعه	٦٠،٠	١٠،٠٠
	(الاقل جوده سمكه	٢٥،٠	٤،١٦
	(متوسط	٤٠،٠	٦،٦٦
	حديد صفيح مجلخ	٤١،٠ الى ٣٦،٠	٧،٠ الى ٦،٠
	حديد لين	......	......
سلوك حديد	(٢٣ مللى قطر	٩٠،٠٠	١٥،٠٠
	(٥ الى ١ مللى قطر	٨٠،٠٠	١٣،٣٣
	(١ الى ٣ مللى قطر	٥٠،٠٠	٨،٣٣
	سلوك حديد منقول حبلا	٣٠،٠٠	٥،٠٠
	جنزير من حديد طرى	٣٢،٠ الى ٢٤،٠	٥،٣٣ الى ٤،٢
زهر حديد أزرق	(جيد مصبوب رأسى	١٣،٢٠	٢،٢٥
	(غير جيد مصبوب أفقى	١٢،٢٠	٢،١٧
صلب	(جيد ومسحوب رفيع	١٠٠،٠	١٦،٦٧
	(ردى سميك سقيته بطالة	٣٦،٠	٦،٠٠
	(متوسط	٧٥،٠	١٢،٢٠
	بريخ المدافع	٢٣،٠	٣،٨٣
نحاس أحمر	(مجلوخ فى جهة الطول	٢١،٠	٣،٢٠
	(شرحه جيد	٢٦،٠	٤،٣٣
	(مطرق	٢٥،٠	٤،١٧
	(صب	١٣،٤٠	٢،٣٣
	نحاس أصفر عادة	١٢،٦٠	٢،١٠
حبل تيل	(قطر ١٣ الى ١٤ مللى	٨،٨٠ الى ٦،٥	٤،٤٠ الى ٣،٢٥
	(وفتح ٢٣	٦،٠	٣،٠
	(٤٠ الى ٥٤	٥،٥٠	٢،٧٥
	حبل تيل قديم من ٢٣	٤،٢٠	٢،١٠
	سير جلد اسود	....	٠،٢٠

فاذا

فاذا أريد معرفة نصف القطر اللازم اعطاؤه لقضيب من حديد مطرق ليحمل ثقلا في نهايته السفلى قدره ٨٠٠٠ ك يقال بمقتضى الجدول أن كل مليمتر مربع من هذا المعدن يمكن أن يحمل ثقلا قدره ٦٫٦٦ ك فسطح القطع يكون $\frac{٨٠٠٠}{٦٫٦٦} = \frac{ط ى^٢}{٤}$ ومنها يستخرج ى = ٠٫٠٣٩ م واذا أريد معرفة قطر جنزير يحمل ٢٠٠٠ ك يقال بمقتضى الجدول ان كل ملليمتر يتحمل ٤ ك بدون ضرر فيعلم باجراء العمل كما في المثال المتقدم مقدار القطر

وأما النوع الثالث وهو ما اذا كانت القطعة موضوعة وضعا أفقيا بطرفيها على حاملين مثبتين والثقل واقع عليها بين الحاملين ففيه فروض

الاول أن تكون القطعة من الخشب مثبتة من أحد طرفيها والطرف الآخر واقع عليه الثقل فاذا رمز بالحرف ق الى القوة أى الثقل اللازم وضعه بدون ضرر وبالحرف ل الى طول الجزء الظاهر من الجسم من ابتدا نقطه تعليق الثقل وبالحرف ث الى ثقل كل متر من الطول المذكور المعبر عنه بالكيلغرام وبالحرف ع لعرضه وبالحرف س لسمكه وبالحرف ه للكسر المختلف بحسب المواد كان القانون العمومي الذى به تعلم أبعاد الجسم باعتبار ثقل الجسم نفسه ع س^٢ = $\frac{(ق + \frac{ث ل}{٢}) ل}{ه}$

فاذا وضع في هذا القانون بدل ه المقادير المقابلة له كما في هذا الجدول

أسماء المواد	مقادير ه
بلوط وشوح	١٠٠٠٠٠
حديد	١٠٠٠٠٠٠
زهر	١٢٥٠٠٠٠

ولم يعتبر ثقل الجسم في القانون المتقدم الى ع س^٢ = $\frac{ق ل}{ه}$ فبهذا القانون تعلم مقادير ه كما تقدم ماعدا الحديد فان مقدار ه فيه يكون ٢٠٠٠٠٠٠

فاذا كان الثقل موزعا بالتساوى على جميع امتداد القطعة وجب أن يضاف اليه ثقل

القطعة نفسها فيصير هكذا ع $سه^2 = \frac{ق ل}{ه}$, ه = ٢٥٠٠٠٠٠ فى الزهر , ٢٠٠٠٠٠٠ فى الحديد و ٢٠٠٠٠٠ فى البلوط والشوح

ولابد فى العمليات من معرفة النسبة الكائنة بين ع , سه والاوفق أن يجعل ع = $\frac{٥}{٧}$ سه

فاذا كان المطلوب الوفر ونشرت الاخشاب المعدة للاستعمال نصفين وجب أن يكون ع = $\frac{سه}{٢}$

فاذا كان ع = سه أى كان القطع مربعا آل القانون الى $سه^3 = \frac{ق ل}{ه}$

ومقادير ه هى المقررة فى الجدول الماضى

فاذا كان المطلوب معرفة ضلع قطع قطعة من خشب البلوط طولها ثلاثة أمتار مثبتة من احدى نهايتيها ومحمول على نهايتها الاخرى ثقل قدره ١٢٠٠ ك يؤخذ لذلك القانون $سه^3 = \frac{ق ل}{ه}$ فاذا وضع بدل ه المقدار الموافق لها فى هذه الحالة وهو ١٠٠٠٠٠ ظهر أن سه تساوى بعد اجراء العمل ٣٣ سنتيمتر

واذا كان المطلوب معرفة نصف قطر قضيب من حديد طوله ٦ سنتيمتر ومحمل فى نهايته الاخرى ثقل قدره ١٠٠٠ ك أخذ لذلك القانون $ء^3 = \frac{ق ل}{ه}$ فاذا وضع بدل ه مقدارها ظهر أن القطر المطلوب يساوى ٠,٠٤٩ م

وأما اذا كان القطع دائرة وأن ء قطرها كان القانون $ء^3 = \frac{ق ل}{ه}$

, ه = ٧٣٦٣١٢ فى الذهر , ٠٥٨٩٠٥٠ فى الحديد , ٥٨٩٠٥ فى الشوح والبلوط

وفى الاصابع المتخذة من الزهر المستعملة فى الطارات يجعل ل = ء , ه = ٣٦٨١٥٦ وأما المحاور المصنوعة من الحديد الجيد المستعملة فى العربانات فيستعمل ه = ٧٠٠٠٠٠

الفرض الثانى أن تكون القطعة مرتكزة على حاملين أى حائطين أو قائمين أو غير ذلك فيكون

فيكون القانون باعتبار ثقل الجسم هكذا ع سہ^{٢} = $\left(\frac{ﻫ + \frac{ث ل}{٢}}{ﻫ}\right)$ ل

ب ك ا

وفى هذه الحالة يحدث ضغطان فى النقطتين ا , ب كل منهما $\frac{ى}{٢}$ فى نقطة ك بعد كل منهما $\frac{ل}{٢}$ ومعادلة التوازن تكون $\frac{ى}{٢} \times \frac{ل}{٢} = \frac{ى}{٤} \times$ ل

أعنى فى هذه القوانين يلزم عند اجراء الحساب أن يوضع فى القانون $\frac{ى}{٤}$ عوضا عن ى

وأما الثقل المعتبر فى هذه الحالة فهو ٢ ى والطول أى البعد بين الحاملين فهو ٢ ل

ومقادير ﻫ هى المبينة فى الجدول المتقدم وأما اذا لم يعتبر ثقل القطعة فالقانون يصير

سہ ع^{٢} = $\frac{ى ل}{ﻫ}$

ومقادير ﻫ هى المقادير الموجودة فى الجدول فاذا كان الثقل موزعا على أجزاء القطعة

وجب اضافة ثقل القطعة اليه ويكون القانون اللازم اعتباره هكذا سہ ع^{٢} = $\frac{ى ل^{٢}}{ﻫ}$

وتكون مقادير ﻫ فى الزهر ٢٥٠٠٠٠٠ وفى الحديد ٢٠٠٠٠٠٠ وفى البلوط والشوح ٢٠٠٠٠٠ وتكون نسبة ع , سہ فى هذا الفرض كما سبق ذكرها فى الفرض المتقدم فاذا كان القطع مربعا وكان الثقل واقعا فى وسط القطعة يكون

القانون سہ^{٣} = $\frac{ى ل}{ﻫ}$

فاذا كان المطلوب معرفة ضلع قطع قطعة من شجر البلوط طولها ١,٢٥^{م} حاملة ثقل قدره ٧٠٠٠^{ك} موضوعا فى نقطة بعدها عن أحد الحوامل م = ٠,٨٠ وبعدها عن الآخر مَ = ٠,٤٥ ستعتبر فى هذه الحالة ى = $\frac{٧٠٠}{٤}$ = ١٧٥

والقانون اللازم سلوكه سہ^{٣} = $\frac{ى م مَ}{١٠٠٠٠٠ ل}$

ومنه نستخرج س = $\sqrt{\frac{١٧٥ \times ٠,٨٠ \times ٠,٤٥}{١٠٠٠٠٠ \times ١,٢٥}}$ أو س = ٠,١٧^{م}

وأما اذا كان الثقل واقعا على نقطة بعداها م وم َ من نقطة الارتكاز فيستعمل القانون

$$س^{٣} = \frac{ق م مَ}{هـ ل}$$

وأما اذا كان الثقل منقسما نصفين فى نقطتين من الطول بعد كل منهما م عن نقطتى

الارتكاز فيستعمل القانون $س^{٣} = \frac{ق \times ل}{هـ}$

فاذا كان الثقل موزعا بالتساوى على أجزاء من الطول قدرها ٢ لَ بحيث يكون وسطه

متباعدا عن نقطتى الارتكاز بالبعدين م و مَ فيستعمل القانون

$$س^{٣} = \frac{ق \left(\frac{م مَ}{ل} - \frac{لَ}{٢} \right)}{هـ}$$

وفى هذه الحالات تكون مقادير هـ هى المبينة فى الجدول

وأما اذا كان القطع دائرة أو شكلا منتظما كثير الاضلاع فيعوض فى هذه القوانين

فى الحالة المتقدمة السمك س بالقطر ء لقاعدة الاسطوانة أو للدائرة المرسومة داخل

الشكل و يعطى للرمز هـ فى الزهر ٧٣٦٣١٢ وفى الحديد ٥٨٩٠٥٠ وفى البلوط

والشوح ٥٨٩٠٥

وفى محاور نحو الطارات والتروس والطيارات وما أشبه ذلك ذات القطع المربعة تستعمل

القوانين المتقدمة باعطاء هـ فى الزهر ٦٢٥٠٠٠ وفى الحديد ٥٠٠٠٠٠

وفى الشوح والبلوط ٥٠٠٠٠ وأما اذا كان قطع المحاور مستديرا أو شكل كثير

الاضلاع فالمستعمل القوانين بعينها بتغيير س بالرمز ء واعطاء هـ فى الزهر

٣٦٨١٥٦ وفى الحديد ٢٩٥٠٠٠ وفى البلوط والحور ٢٩٥٠٠

مثلا اذا أريد معرفة أبعاد قطعة من خشب البلوط طولها أربعة أمتار مستطيلة القطع

ونهايتاها مثبتتان على حاملين وحاملة فى وسطها ثقلا قدره ١٢٠٠٠ كـ فيستعمل

القانون $س ع^{٢} = \frac{ق ل}{١٠٠٠٠٠}$

وتكون ق هنا ثمن الثقل المفروض أعنى $\frac{١٢٠٠٠}{٨} = ١٥٠٠$ فاذا وضع بدل ل

وهو

وهو الطول أربعة أمتار وفرض أن ع = ٥ سم/٧ نتج أن ب = ٤٤,٠ م

الفرض الثالث أن يكون طرفا القطعة مثبتين على الحاملين فالمقاومة هنا تكون ضعف المقاومة في حالة ما إذا كان الطرفين غير مثبتين وتستعمل القوانين المتقدمة بوضع $\frac{و}{٢}$ بدل و لما كان الجسم الموضوع وضعاً أفقياً الواقع عليه الثقل قد يكون مثبتاً في الحاملين وقد يكون مرتكزاً عليهما فقط وقد يكون مثبتاً من نهاية والنهاية الاخرى واقع عليها الثقل يحصل فيه انحناء وجب علينا أن نذكر القوانين التي بواسطتها يعرف سهم الانحناء المذكور في الثلاث حالات المذكورة فنقول

الحالة الاولى أن تكون القطعة مثبتة من أحد نهايتيها وواقع عليها ثقل عمودي الاتجاه على اتجاه طولها

فان اعتبر ثقل القطعة ثم رمز بالحرف ه للسهم فالقانون اللازم لهذه الحالة يكون

$$ه = \frac{(و + \frac{٣}{٨} ث ل) ل^{٣}}{ﻫ ع سه^{٣}}$$

ومقادير ﻫ في الزهر	٢٧٥٠٠٠٠٠٠٠
وفي الحديد	٥٠٠٠٠٠٠٠٠٠
وفي خشب البلوط والشوح	٢٥٠٠٠٠٠٠٠
وفي الصلب الصب	٨٠٠٠٠٠٠٠٠٠
وفي الصلب النمساوي	٤٠٠٠٠٠٠٠٠٠

وأما إذا لم يعتبر ثقل القطعة فالقانون هو $ه = \frac{و ل^{٣}}{ﻫ ع سه^{٣}}$ ومقادير ﻫ هي عين المتقدمة

فالقطعة من خشب البلوط المثبتة من أحد نهايتيها والبارزة بقدر ثلاثة أمتار إذا كان بعداها ع = ٢٠,٠ م , س = ٣٥,٠ م وأريد معرفة الثقل اللازم وضعه عليها ومقدار سهم الانحناء المتولد من هذا الثقل بفرض عدم اعتبار ثقلها وان شكل القطع مستطيل فحينئذ يؤخذ قانون $ع سه^{٢} = \frac{و ل}{٦٠٠٠٠٠}$, $ه = \frac{و ل^{٣}}{٢٥٠٠٠٠٠٠٠ × ع سه^{٣}}$

فاذا وضع بدل ع و س و ل مقاديرها فى المعادلة الاولى تحصل ن = ٨١٦٫٦ ك

والمعادلة الثانية تعطى هـ = ٠٫٠١ م

وبالجملة فاذا كان الثقل موزعا بالتساوى على طول القطعة المثبتة من أحد طرفيها حصل فى القطعة انحناء قدر الانحناء الذى يحصل فيما اذا كانت ثلاثة أثمان الثقل المذكور موضوعة على نهايتها الاخرى مهما كان قطعها العرضى

فاذا كانت القطعة اسطوانية ومثبتة من أحد طرفيها كان القانون هـ = ن ل٣ / ﻫ ى٤

و ﻫ فى الزهر تساوى ١٦١٧٠٠٠٠٠٠ وفى الحديد ٢٩٤٠٠٠٠٠٠٠ وفى الخشب ١٤٧٠٠٠٠٠٠

وان كانت الاسطوانة مجوفة فالقانون المستعمل حينئذ هو هـ = ن ل٣ / ﻫ(ى٤ - ى٤)

وتكون مقادير ﻫ هى عين المقادير المتقدمة

الحالة الثانية أن تكون القطعة متكئة على حاملين والثقل واقع على منتصف طولها فتكون القوانين هى عين القوانين المتقدمة فى الحالة التى تكون القطعة فيها مثبتة من أحد نهايتيها لكن يجب التنبيه على ان ن هو الثقل و ٢ ل هو البعد بين الحاملين فان كانت القطعة متكئة على حاملين وكان الثقل واقعا على نقطة ما من الطول بعداها م و مَ عن نقطتى الاتكاء فيستعمل هـ = ن م٢ مَ٢ / ﻫ ع س ل٣

ويجعل للرمز ﻫ فى الزهر ٢٧٥٠٠٠٠٠٠٠ وفى الحديد ٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠ وفى الخشب ٢٥٠٠٠٠٠٠٠

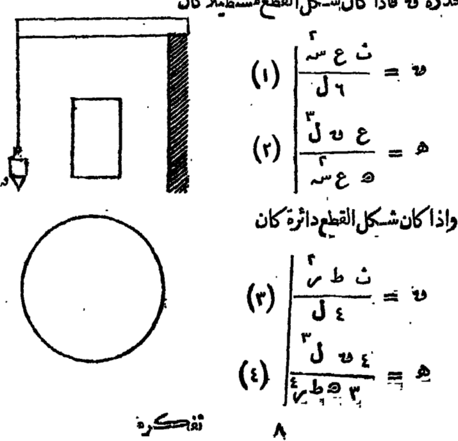
ثم ان اعتبر ثقل القطعة يقال اذا فرض أن الثقل ٢ ن واقع على منتصف القطعة أضيف خمسة أثمان ث × ٢ ل = ٥/٨ وهو الثقل الموزع بالتساوى على ن وهى نصف الثقل ٢ ن

الحالة

الحالة الثالثة أن تكون القطعة مثبتة من نهايتيها ويكون الثقل واقعا على منتصفها فيكون سهم الانحناء ربع سهم الانحناء الناشئ عن الثقل بعينه فى حالة ما اذا كان واقعا على قطعة خشب متكئة بطرفيها على حاملين

وأما النوع الثالث من المقاومة وهو ما اذا كانت القطعة منشورية الشكل وموضوعة وضعا أفقيا فيفرض فيه أن ع هو عرض القطعة وهو الخط الافقى من قطعها العرضى وان س سمكها وان ل هو طولها المنحصر بين الحاملين وان ء هو نصف قطر القاعدة بفرض أن شكل القطعة اسطوانى وأن ر و رَ هما نصفا قطرى الاسطوانة المجوفة وان ه سهم الانحناء وان ث هو الثقل الذى يمكن وضعه على وحدة السطح وأن ه هو معامل المرونة فتكون القوانين اللازم استعمالها فى الحسابات بحسب وضع القطعة وشكلها وكيفية تثبيتها مرتبة على ما تراه فى الاحوال الآتية

الحالة الاولى أن تكون القطعة أفقيـة ومثبتة من أحد نهايتيها والاخرى حاملة ثقلا قدره ق فاذا كان شكل القطع مستطيلا كان



$$ق = \frac{ث\ ع\ س^{2}}{٦\ ل} \quad (١)$$

$$ه = \frac{٤\ ق\ ل^{3}}{ه\ ع\ س^{3}} \quad (٢)$$

واذا كان شكل القطع دائرة كان

$$ق = \frac{ث\ ط\ ر^{3}}{٤\ ل} \quad (٣)$$

$$ه = \frac{٤\ ق\ ل^{3}}{٣\ ه\ ط\ ر^{4}} \quad (٤)$$

واذا كان القطع حلقيا كان

$$\text{ق} = \frac{\text{ث ط}\left(\text{ر}^{٤} - \text{ر}^{٤}\right)}{\text{٤ ل ر}} \quad (٥)$$

$$\text{هـ} = \frac{\text{٤ ق ل}^{٣}}{\text{٣ ه ط}\left(\text{ر}^{٤} - \text{ر}^{٤}\right)} \quad (٦)$$

الحالة الثانية أن تكون القطعة أفقية ومثبتة من أحد نهايتيها والثقل ق عوضا من أن يكون واقعا على النهاية الاخرى يكون موزعا بالتساوى على امتداد طولها أعنى اذا فرض أن الثقل الواقع على وحدة الطول ق يكون الثقل الكلى ق × ل

فاذا كان القطع مستطيلا كان

$$\text{ق} \times \text{ل} = \frac{\text{ث ع} \times \text{س}^{٢}}{\text{٣ ل}} \quad (٧)$$

$$\text{هـ} = \frac{\text{٣ ق ل} \times \text{ل}^{٣}}{\text{٢ ه ع س}^{٣}} \quad (٨)$$

واذا كان القطع دائرة يكون

$$\text{ق ل} = \frac{\text{ث ط ر}^{٣}}{\text{٢ ل}} \quad (٩)$$

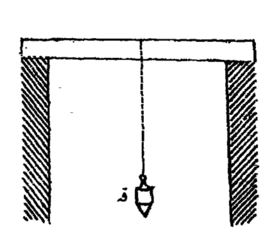
$$\text{هـ} = \frac{\text{ق ل} \times \text{ل}^{٣}}{\text{٢ ق ه ر}^{٤}} \quad (١٠)$$

واذا كان القطع حلقيا يكون

$$\text{ق ل} = \frac{\text{ث ط}\left(\text{ر}^{٤} - \text{ر}^{٤}\right)}{\text{٢ ل ر}} \quad (١١)$$

$$\text{هـ} = \frac{١}{٢} \, \frac{\text{ق ل} \times \text{ل}^{٣}}{\text{ه ط}\left(\text{ر}^{٤} - \text{ر}^{٤}\right)} \quad (١٢)$$

وبالتأمل



وبالتأمل فى هذه القوانين الاخيرة يوجد أنه يمكن تضعيف الثقل المعلق فى النهاية بتوزيعه بالتساوى على امتداد القطعة المذكورة ويكون سهم الانحناء فى هذه الحالة $\frac{٥}{٨}$ سهم الانحناء فى حالة ما اذا كان الثقل معلقا فى نهاية القطعة

الحالة الثالثة أن تكون القطعة موضوعة وضعا أفقيا ومتكئة على حاملين والثقل ق واقعا على منتصفها

فاذا كان القطع مستطيلا كان

$$\text{ق} = \frac{\text{٢ ث ع س}^{٢}}{\text{٣ ل}} \quad (١٣)$$

$$\text{ه} = \frac{\text{ق ل}^{٣}}{\text{٢ هـ ع س}^{٣}} \quad (١٤)$$

واذا كان القطع دائرة كان

$$\text{ق} = \frac{\text{ث ط ر}^{٣}}{\text{ل}} \quad (١٥)$$

$$\text{ه} = \frac{\text{ق ل}^{٣}}{\text{١٢ هـ ط ر}^{٤}} \quad (١٦)$$

واذا كان القطع حلقيا كان

$$\text{ق} = \frac{\text{ث ط}(\text{ر}^{٤} - \text{رَ}^{٤})}{\text{ل ر}} \quad (١٧)$$

$$\text{ه} = \frac{\text{ق ل}^{٣}}{\text{١٢ هـ ط}(\text{ر}^{٤} - \text{رَ}^{٤})} \quad (١٨)$$

الحالة الرابعة أن تكون القطعة موضوعة وضعا أفقيا ومتكئة على حاملين والثقل بدل وقوعه فى نقطة المنتصف يكون موزعا بالتساوى على امتداد الطول بحيث يقع على كل وحدة من الطول قَ فيتحصل أنه

اذا كان القطع مستطيلا كان

$$\text{قَ ل} = \frac{\text{٤ ث ح س}^{٣}}{\text{٣ ل}} \quad (١٩)$$

$$\text{ه} = \frac{\text{٥ قَ ل} \times \text{ل}^{٣}}{\text{٣٢ ة ع س}^{٣}} \quad (٢٠)$$

واذا كان القطع دائرة كان

$$\text{قَ ل} = \frac{\text{٢ ث ط ر}^{٤}}{\text{ل}} \quad (٢١)$$

$$\text{ه} = \frac{\text{٥ قَ ل} \times \text{ل}^{٣}}{\text{٩٦ ة ط ر}^{٤}} \quad (٢٢)$$

اذا كان القطع حلقيا كان

$$\text{ق} = \frac{\text{٢ ث ط} (\text{ر}^{٤} - \text{رَ}^{٤})}{\text{ل ر}} \quad (٢٣)$$

$$\text{ه} = \frac{\text{٥ قَ ل} \times \text{ل}^{٣}}{\text{٩٦ ة ط} (\text{ر}^{٤} - \text{رَ}^{٤})} \quad (٢٤)$$

وفى هذه الحالة يمكن وضع ثقل ضعف الثقل الذى يوضع فى المنتصف وسهم الانحناء يكون $\frac{٥}{٨}$ سهم الانحناء فى الحالة المتقدمة

الحالة الخامسة أن تكون القطعة موضوعة وضعا أفقيا على حاملين والثقل واقع على منتصفها قدره ق وموزع عليها بالتساوى ثقل آخر بحيث يقع على كل وحدة من طولها ثقل قدره قَ من الثقل الاخير فيشاهد أنه

اذا

اذا كان القطع مستطيلا كان

$$\text{ن} = \frac{\text{٢ ث ع س}^{٢}}{\text{٣ ل}} - \frac{\text{ق ل}}{\text{٢}} \quad (\text{٢٥})$$

$$\text{هـ} = \frac{\text{ن ل}^{٣}}{\text{٤ ه ع س}^{٣}} + \frac{\text{٥ ق ل}^{٤}}{\text{٣٢ ه ع س}^{٣}} \quad (\text{٢٦})$$

واذا كان القطع دائرة كان

$$\text{ن} = \frac{\text{ث ط نق}^{٤}}{\text{ل}} - \frac{\text{ق ل}}{\text{٢}} \quad (\text{٢٧})$$

$$\text{هـ} = \frac{\text{ن ل}^{٣}}{\text{١٢ ه ط نق}^{٤}} + \frac{\text{٥ ق ل}^{٤}}{\text{٩٦ ه ط نق}^{٤}} \quad (\text{٢٨})$$

واذا كان القطع حلقيا كان

$$\text{ن} = \frac{\text{ث ط (نق}^{٤} - \text{نَق}^{٤}\text{)}}{\text{ل نق}} - \frac{\text{ق ل}}{\text{٢}} \quad (\text{٢٩})$$

$$\text{هـ} = \frac{\text{ن ل}^{٣}}{\text{١٢ ه ط (نق}^{٤} - \text{نَق}^{٤}\text{)}} + \frac{\text{٥ ق ل}^{٤}}{\text{٩٦ ه ط (نق}^{٤} - \text{نَق}^{٤}\text{)}} \quad (\text{٣٠})$$

وفى هذه القوانين ع رمز عرض القطعة وهو الخط الافقى لقطعها العرضى و س سمكها و ل طولها و ه معامل المرونة و هـ سهم الانحناء و ث الثقل الذى يمكن وضعه على وحدة السطح ويؤخذ مقدارها من جدول (ح) وهو انه على حسب جنس المادة المستعملة ولاجل معرفة ق يضرب ع فى س والحاصل يضرب فى الثقل النوعى للمادة المستعملة وينبغى ان تحسب الابعاد بالمليمتر

الحالة السادسة ان تكون القطعة موضوعة وضعا أفقيا على حاملين وعليها ثقل قدره قَ واقع فى نقطة بعدها م فى وسط القطعة ففى هذه الحالة

اذا كان القطع مستطيلا كان

$$ح = \frac{٢ ل ث ع س^{٣}}{٣ (ل^{٢} - ٤ م^{٢})} \quad (٣١)$$

$$هـ = \frac{ح (ل^{٢} - ٤ م^{٢})^{٣}}{ع ل هـ ع س^{٣}} \quad (٣٢)$$

واذا كان القطع مستديرا كان

$$ح = \frac{ل ث ط ر^{٤}}{ل^{٢} - ٤ م^{٢}} \quad (٣٣)$$

$$هـ = \frac{ح (ل^{٢} - ٤ م^{٢})^{٢}}{١٢ ل هـ ط ر^{٤}} \quad (٣٤)$$

واذا كان القطع حلقيا كان

$$ح = \frac{ل ث ط (ر^{٤} - رَ^{٤})}{ر (ل^{٢} - ٤ م^{٢})} \quad (٣٥)$$

$$هـ = \frac{ح (ل^{٢} - ٤ م^{٢})^{٢}}{١٢ ل هـ ط (ر^{٤} - رَ^{٤})} \quad (٣٦)$$

(الحالة السابعة) ان تكون القطعة موضوعة وضعا أفقيا واحد نهايتيها مثبت والآخر مرتكز على حامل وفى هذه الحالة القطعة المذكورة لا تحمل الا $\frac{٤}{٣}$ من الثقل الذى تحمله اذا كانت مرتكزة فقط على الحاملين ويكون سهم الانحناء $\frac{٧}{١٦}$ فحينئذ يكفى لمعرفة الثقل الذى تحمله القطعة فى هذه الحالة ان يضرب الثقل المتقدم فى $\frac{٤}{٣}$ ومقدار هـ يضرب فى $\frac{٧}{١٦}$ ليحدث السهم فى هذه الحالة

(الحالة الثامنة) ان تكون القطعة مثبتة من نهايتيها فى حاملين ففى هذه الحالة مقدار سهم الانحناء يكون $\frac{١}{٤}$ سهم الانحناء الحادث فى القطعة عندما تكون نهايتاها غير مثبتتين فالقطعة حينئذ يمكن ان تحمل ثقلا ضعف الثقل الذى تحمله اذا كانت نهايتاها غير مثبتتين

(الحالة

(الحالة التاسعة) ان تكون القطعة موضوعة وضعا مائلا واحد نهايتيها وهى السفلى مثبتة والاخرى وهى العليا حاملة ثقلا قدره ى فاذا رمز الى الزاوية الواقعة بين الخط الرأسى وامتداد القطعة بالحرف و يكفى فى العمليات لتعيين ى بالقانون

(شكل ٣٧)

$$ى = \frac{ث\ ع\ س^{٢}}{س\ و + ٦\ ل\ حا\ و}$$

وهذا القانون يمكن استعماله أيضا فى الحالة العكسية لهذا الوضع أعنى حين تكون نهايتاها العليا مثبتة والسفلى واقع عليها الثقل

(الحالة العاشرة) ان تكون القطعة موضوعة وضعا مائلا بحيث تتكئ نهايتاها العليا والسفلى كما فى الشكل على ثابتين وحاملة فى نقطة ما من طولها ثقلا قدره ى فالقطعة فى هذه الحالة تضغط ضغطا أفقيا فى نقطة ب مساويا الى

$$\frac{مَ \times ظا و}{م + مَ} \times ى$$

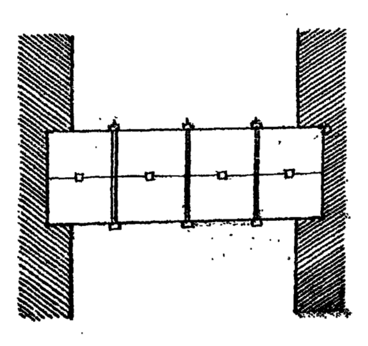
وهنا م = ا ك و مَ = ب ك والضغط المذكور يحصل فى نقطة الاتكاء وحينئذ يلزم ان يكون فيهما مقاومة كافية لسند القطعة فى هذا المحل وفى النقطة ا المذكورة

زيادة على الضغط المذكور يحصل ضغط رأسى قدره ق غير ثقل القطعة

ولتعيين الثقل ق فى هذه الحالة يفرض ان كلا من الجزئين مَ , م مثبت فى النقطة ك وحامل فى نهايته الاخرى ثقلا ما ثلاثا على اتجاهه ثم يستعمل القانون (٣٧) المتقدم بأن يوضع فيه عوضا عن ق فى حالة بعد الكمية مَ ق × $\frac{\text{م ظا و}}{\text{م + مَ}}$ وفى حالة ما اذا عوضنا عن ق القوة المحصلة للقوتين المؤثرتين فى النقطة ا نجد أن

$$\text{ق} = \sqrt{1 + \frac{\text{مَ}^2 \text{ ظا و}}{(\text{م + مَ})^2}}$$

(الحالة الحادية عشرة) قد يستعمل فى بعض الاوقات أعتاب مركبة من قطع مثبتة فى بعضها تثبيتا محكما بحيث لا يمكن ان تتزحزح عن بعضها أو ينحنى كل منها على حدته ففى هذه الحالة تحصل مقاومة أكبر من حاصل جمع مقاومات كل منها واستعمل منفردا فاذا فرضنا قطعتين منشورتى الشكل متحدتين فى الطول ومتكئتين على حاملين وموضوعتين وضعا أفقيا وحاملتين فى وسطهما ثقلا ما ثم اعتبرناهما غير مرتبطتين ببعضهما نجد كما تقدم ان الثقل الذى يتحمله كل منهما كما فى القانون (١٣) هو

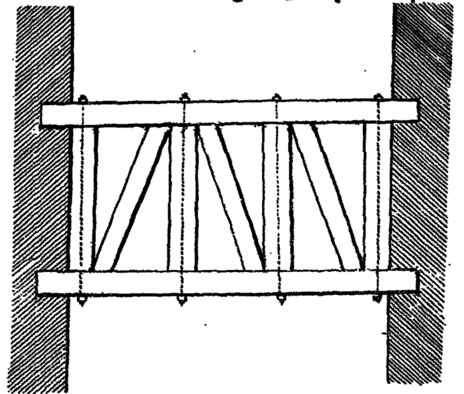


$$\text{ق} = \frac{\text{٤ ث ع س}^2}{\text{٣ ل}}$$

واما

وأما اذا اعتبرناهما مرتبطتين ببعضهما ارتباطا محكما بحيث يمكن اعتبارهما كقطعة واحدة ارتفاعها ٢ س كما فى الشكل كان الثقل الذى يحملانه $\text{ه} = \frac{\text{٨ ش ع س}^{٢}}{\text{٣ ل}}$ أعنى أنهما بسبب ارتباطهما يمكن أن يحملا ثقلا ضعف الثقل الذى يحملانه فى حالة انفرادهما

واذا أريد زيادة المقاومة تصنع الاعتاب من قطعتين بينهما بعد لكنهما مرتبطتان ببعضهما ارتباطا محكما كما يظهر من الشكل



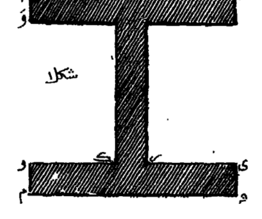
فاذا فرض سَ الارتفاع الكلى و سً البعد بين القطعتين أمكن معرفة الثقل بتغيير $\text{س}^{٢}$ فى القوانين المتقدمة المتعلقة بالقطع المنشورية بهذه الكمية $\frac{\text{سَ}^{٣} - \text{سً}^{٣}}{\text{سَ}}$ وتغيير $\text{س}^{٣}$ بالكمية $\text{سَ}^{٣} - \text{سً}^{٣}$ فى المعادلات التى تعين سهم الانحناء حينئذ فى حالة ما اذا كان هذا الشكل موضوعا وضعا أفقيا على حاملين والثقل واقع فى وسطه فيحدث

$$ه = \frac{٢ ث ع (س^٣ - سَ^٣)}{٣ ل س}$$

واذا كان سمك كل من القطعتين س وكانتا متباعدتين عن بعضهما بكمية قدرها

٢ س يحدث أن $ه = \frac{١١٢ ث ع س^٢}{٣ ل}$ أعنى ان القطعتين فى هذه الحالة

يتحملان ثقلا يساوى عشرة أمثال الثقل الذى يتحملانه لو كانتا ملتصقتين ببعضهما لكن لعدم ضبط التعشقات لا يلزم الوصول الى هذا القدر لاسيما اذا كانت التعشقات متعددة

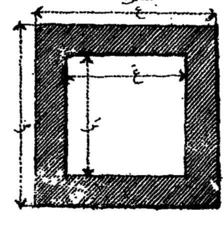


الحالة الثانية عشرة ان تكون صورة القطع العرضى للقطعة فى الحالات المتقدمة كما فى الشكل (١) وهذا يستعمل غالبا فيما اذا كانت المادة المستعملة من زهر الحديد لانه أكثر فائدة من القطع المستطيلى الشكل لانه أكثر مكثا ومقاومة

واذا أريد معرفة الثقل ه وسهم الانحناء هـ فى كل من الحالات المتقدمة كفى فى ذلك

ابدال الكمية ع $س^٢$ فى القوانين المتعلقة بالثقل ق بالكمية $\frac{ع س^٣ - عَ سَ^٣}{س}$

والكمية $س^٣$ بالكمية $س^٣ - سَ^٣$ فى القوانين المتعلقة بحساب السهم هـ وهنا



ع كناية عن البعد م هـ و ع كناية عن البعد و ى ا و م، و س كناية عن البعد م مَ و سَ كناية عن البعد و وَ فاذا كانت صورة القطع كما فى شكل (٢) أمكن بواسطة الاستبدال المتقدم معرفة الثقل ه والسهم هـ فى الانابيب المستطيلية التى ابعاد قطعها ع و س من الخارج و عَ و سَ من الداخل

الحالة

الحالة الثالثة عشرة ان تكون القطعة منحنية الشكل وموضوعة وضعا رأسيا علي حاملين فيكون لكل طريقة من طرق توزيع الثقل منحن يوافقها من شكل المنحنيات مختار عن غيره ومتى اختير المنحنى تنضغط القطعة في جميع نقطها بدون حصول تغير في شكلها وتسمى حينئذ باسم منحنى التوازن

ثم ان أبسط الحالات هي الحالة التي تكون القطعة فيها حاملة ثقلا يكون موزعا على الخط الافقي الواصل من أحد الحاملين الى الآخر كالسقوف والجملونات ونحو ذلك بقطع النظر عن الاثقال العارضة التي يحصل منها ضغط على المنحنى ويكون حينئذ منحنى التوازن قوسا القطع مكافئ عمودي على المحور ولاجل ذلك نفرض ان م هـ نصف فتحة القوس و هـ هي سهم القوس أعني ارتفاع رأسه فوق نقطتي الارتكاز وان ع و س هما ضلعا القطع العرضي الذي نفرضه أولا مستطيلا فتصير معادلة المنحنى

باعتبار رأسه ومحوره هكذا $\text{ص}^{2} = \frac{\text{م}^{2}\,\text{سَ}}{\text{هـ}}$

ويكون الثقل وَ الذي يمكن وضعه على الوحدة من طول وتر القوس مبينا بهذه

المعادلة $$\text{وَ} = \frac{2\,\text{ث} \times \text{ع} \times \text{س} \times \text{هـ}}{\text{م}\sqrt{\text{م}^{2} + 4\,\text{هـ}^{2}}} \qquad (38)$$

ويكون الضغط الافقي الواقع على كل من نقطتي الارتكاز هكذا $\text{ك} = \frac{\text{وَ} \times \text{م}^{2}}{2\,\text{هـ}}$

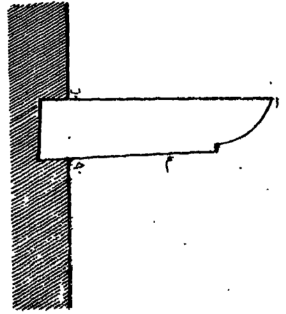
فاذا لم يتحمل الحاملان الضغط وجب ربطهما حينئذ بوتر أي عتب محسوب الابعاد بحسب هذا الضغط وأما الضغط الواقع رأسيا على كل من الحاملين فهو مبين بالكمية وَ م

وقد يشاهد مما سبق انه لا مدخل هنا لشكل القطع في مقدار وَ المناسب لسطح القطع المذكور بحيث ان القوانين المتقدمة يمكن تطبيقها على اشكال ما باستعواض ع س بالمقادير المطابقة له كان يستعوض مثلا بالكمية ط ر^{2} اذا كان القطاع دائرة نصف قطرها ر لكن حيث كان لا يمكن توزيع الاثقال بالانتظام التام في العمليات

كان الاوفق والانفع حينئذ ازدياد ارتفاع القطع مع تنقيص عرضه ويجب الالتفات الى الاثقال العارضة مثل ضغط الاهوية والمواد التى توضع فوق السطوح وغير ذلك وبالجملة فيجب ان يعطى للقطعة المنحنية قطع أكبر من القطع الذى يلزم لها فى حالة الثقل ق الناتج من قانون (٣٨)

ثم اننا الى هنا لم نعتبر الا القطع ذوات الشكل المنشورى أو الاسطوانى التى قطعها العرضى واحد فى جميع امتداد طولها وقد حسبنا ابعادها وما تحمله من الاثقال بواسطة القوانين المتقدمة لكن لما كان هناك نقط يقع عليها الضغط أكثر من غيرها وبسبب ذلك ينكسر منها القطع دون غيرها وجب ان يكون قطع القطعة فى هذه النقط أكبر منه فى بقية النقط من ابتداء هذه النقطة المذكورة فينقص القطع بالتوالى بشرط ان يكون فى المنقوص مقاومة مناسبة للثقل الواقع على نقطة والجسم المختلف القطوع فى جميع نقط طوله يشترط ان يكون فى كل نقطة منها مقاومة مساوية للضغط الواقع عليها ويسمى بالجسم المتساوى المقاومة

فان كانت القطعة منشورية وأفقية السطح الاعلى ومثبتة من أحد نهايتيها والنهاية الاخرى واقع عليها الثقل وأريد معرفة حسابات القطوع المختلفة فى هذه الحالة يقال حيث يخشى من حصول الكسر من نقطة التثبيت وجب تسميك القطعة فى نقطة التثبيت تسميكا جاريا على مقتضى القانون (١) وأما بقية المسافة من ابتداء نقطة التثبيت الى نهاية التعليق فيجرى حسابها على مقتضى القانون $\text{ص}^2 = \dfrac{\text{س}^2 \text{سَ}}{\text{ل}}$



فالرمز سَ فى هذا القانون عبارة عن الابعاد الافقية من نقطتى ا و ص عبارة عن الابعاد الرأسية للمنحنى ا م د المحدد للقطعة من جهتها السفلى وهذا المنحنى هو قوس من قطع مكافئ رأسه فى النقطة ا وهذه النقطة بوقوع الثقل عليها تهبط ضعف هبوطها فى حالة ما اذا كان القطع واحدا فى جميع امتداد القطعة

فاذا

فاذا كان الثقل موزعا على جميع أجزاء امتداد القطعة بدل وقوعه بتمامه فى النقطة ا صار شكل القطعة مثلثا وانتهت فى جهتها السفلى بالخط ا حـ

واذا كانت القطعة لاتحمل الا ثقلها كان شكل المقاومة المتساوية قوسا من قطع مكافئ رأسه فى النقطة ا وكان مقعرا بدلا عن كونه محدبا

وأما اذا كانت القطعة أفقية متكئة على حاملين وحاملة ثقلا واقعا على نقطة ما من طولها فضر ورة تميل الى الكسر من هذه النقطة فيجب تمكها من النقطة المذكورة تمكا جاريا على مقتضى قانون (٣١) وتكون القطعة حينئذ متساوية المقاومة اذا انتهت من سطحها الاعلى بقوسين مكافئين رأسهما ا و ب

وأما اذا كانت القطعة أفقية ومتكئة على حاملين وموزعا عليها الثقل بالتساوى بحيث يقع على كل وحدة من طولها ثقل قدره و يحسب حينئذ سمكها فى منتصفها بواسطة القانون (١٩) ويجعل شكل قطعها الطولى نصف قطع ناقص

ان وحدة الطول فى جميع ما ذكر هى المليمتر و وحدة الثقل هى الكيلوجرام والعادة فى العمليات أن يجعل ع = $\frac{1}{12}$ من س فى النهاية الصغرى و ع = $\frac{1}{4}$ من س فى النهاية الكبرى و ع = $\frac{1}{8}$ س فى النهاية الوسطى

هذا كله فى القطع المصنوعة من الزهر وأما قطع الاخشاب فتجعل مقادير ع فيها مختلفة بين $\frac{1}{3}$ و $\frac{1}{2}$ من س وأما القطع المنفردة كالحامل فيجعل فيها ع = $\frac{5}{7}$ من س وأما مقادير ه و ث فهى المصطلح عليها كما فى هذا الجدول

(ح)

أسماء المواد	مقادير	
	ه	ث
	ك	
خشب البلوط	١٢٠٠	٠و٧٠
خشب شوح أبيض	١٣٠٠	٠و٨٠
خشب أحمر	١٥٠٠	٠و٩٠
حديد مطرق	٢٠٠٠	٨و٠٠
حديد صب	١١٠٠٠	٢و٦٠

عمليات

المثال الاوّل ان تكون القطعة من خشب البلوط أفقية الوضع ومثبتة من أحد طرفيها وبارزة بقدر ثلاثة أمتار و بعداها ع = ٢٠ و٠ م و س = ٣٥ و٠ م والمطلوب معرفة الثقل الذى يوضع على نهايتها الاخرى بدون التفات الى ثقل القطعة ومقدار هبوط النهاية الاخرى من تأثير هذا الثقل فيؤخذ لذلك القانونان (١) و(٢)

فيتحصل ق = $\frac{٠،٧٠ \times ٢٠٠^{٢} \times ٣٥٠}{٦ \times ٣٠٠٠}$ = ٩٥٢، ٧٧ ك

ه = $\frac{٤ \times ٩٥٢،٧٧ \times ٣٠٠^{٣}}{١٢٠٠ \times ٢٠٠^{٢} \times ٣٥٠}$ = ٠،٠٠٩٩٩ م

فاذا

فاذا فرض ان ه معلوم والمطلوب معرفة بعدى القطعة ع و س فرض ان النسبة الاختيارية بينهما هى $\frac{ع}{س} = \frac{٢٠}{٣٥}$ فيستخرج من القانون (١) $\frac{٣٢٠٥}{٢٣٥٠}$

$$س^{٣} = \frac{٣٠٠٠ \times ٩٥٢,٧٧ \times ٦}{٠,٧٠}$$ ومنها يستخرج

س = ٣٥٠ مللى و ع = ٢٠٠ مللى

فاذا أريد جعل القطعة متساوية المقاومة وجب جعلها منتهية من جهتها السفلى بقوس من قطع مكافئ رأسه فى النقطة ا ومارا بالنقطة ح ومحوره ا ح ثم يجرى الحساب فيوجد أن ه = ٠,١٩٩٨ م

المثال الثانى أن تكون القطعة أفقية الوضع ومتكئة على حاملين متباعدين عن بعضهما بقدر ثمانية أمتار وبعداها ع = ٠,٤٥ م و س = ٠,٦٠ م والمطلوب معرفة الثقل الذى تحمله القطعة بفرضه موزعا عليها بالتساوى فيحصل باستعمال القانون (١٩) أن

$$ث = ٨٠٠٠ ث = \frac{٤ \times ٠,٧٠ \times ٤٥٠ \times ٣٦٠٠٠٠}{٢٤٠٠٠} = ١٨٩٠٠ ك$$

فقد دخل ثقل القطعة فى هذا المقدار فاذا كان المطلوب معرفة الثقل الذى تحمله القطعة يطرح ثقل القطعة المذكورة من المقدار الذى وجدناه

فاذا كان الثقل على وسط القطعة رد الى النصف فقط وأما اذا كانت القطعة مثبتة من أحد نهايتيها فانها تحمل ثقلا ضعف الثقل المذكور

المثال الثالث أن تكون القطعة من الزهر مرتكزة على حاملين متباعدين عن بعضهما بقدر ستة أمتار ويكون بعداها ع = ٠,١١ م و س = ٠,٣٠ م والمطلوب معرفة مقدار الثقل الذى تحمله فى منتصفها بفرض أنه لا بد من اعتبار ثقل القطعة فيبحث أولا عن سطح قطعها بأن يضرب بعداه المتقدمان فى بعضهما فيحدث

٠٫٠٣٣ مم ثم يضرب هذا المقدار فى الثقل النوعى للزهر وهو ٧٫٥٠ فيحدث ثقل وحدة الطول أى المليمتر وهو ٠٫٢٤٧٥ ك

فحينئذ يكون الثقل الكلى المطلوب بمقتضى القانون (٢٥)

$$ن = \frac{٢ ش ع سَ^٢}{٣ ل} - \frac{ق ل}{٢} = \frac{٢ × ٢٫٦٠ × ١١٠ × ٩٠٠٠٠}{٣ × ٦٠٠٠} -$$

$$\frac{٠٫٢٤٧٥ × ٦٠٠٠}{٢} = ٢١١٧٫٥٠ ك$$

فاذا أريد جعل صورة القطاع كما فى الحالة الثانية عشرة يكون الثقل

$$ن = \frac{٢ ش (ع سـ^٣ - عَ سِـ^٣)}{٣ سـ ل} - \frac{ق ل}{٢} =$$

$$\frac{٢ × ٢٫٦٠ (٢١٠ × ٢٧٠٠٠٠٠ - ١٥٠ × ٨٠٠٠٠٠٠)}{٣ × ٣٠٠ × ٦٠٠٠} -$$

$$\frac{٠٫٢٤٧٥ × ٦٠٠٠}{٢} = ٣٠٦١٫٩٤ ك$$

فسهم الانحناء فى الحالة الاولى يكون

$$هـ = \frac{ن ل^٣}{٤ ه ع سـ^٣} + \frac{٥ قَ ل^٤}{٣٢ ه ع سـ^٣} = ٠٫٠٠٠٥٤ م$$

وفى الحالة الثانية يكون

$$هـ = \frac{ن ل^٣}{٤ ه ع (سـ^٣ - سِـ^٣)} + \frac{٥ قَ ل^٤}{٣٢ ه ع (سـ^٣ - سِـ^٣)} = ٠٫٠٠٠٥٥ م$$

فاذا

فاذا كان المستعمل قطعة من خشب البلوط بدل القطعة من الزهر فى المثال المتقدم

وجب أن يجعل قطعها مربعا ضلعه ٠,٣٣ م وذلك لاجل أن تتحمل فى وسطها الثقل

الذى قدره ٢١٣٩,٣٠ ك فاذا كان عرضها عين عرض القطعة المتخذة من الزهر

فى المثال المتقدم وجب لاجل أن تتحمل ثقلا قدره ٣٥٦٠ ك أن يجعل سمكها ٠,٤٣

(فى التأسيسات)

من حيث ان الاساسات عبارة عن القواعد التى تحمل أثقال البناء يجب أن تكون ذات صلابة ومتانة عظيمة بحيث انها لا تهبط من تأثير ثقل البناء الواقع عليها ولا تتزحزح أصلا من تأثير التدافعات الافقية المختلفة المجعولة عرضة لها مثل تدافع العقود والاتربة والمياه ونحو ذلك وأن تكون المقاومة الناشئة عنها واحدة فى جميع أجزائها كى لا يحصل بذلك خلل ولا تغير ما فى شكل جميع أجزاء البناء ولا فى التحاماتها ببعضها ويعلم مما ذكر أن الاساسات عرضة لتأثيرين أحدهما رأسى وهو ثقل البناء والآخر أفقى وهو كناية عن مجموع التدافعات التى سلف ذكرها ولنبتدئ بالكلام على التأثير الثانى لقلة الكلام عليه فنقول

أما التأثير الثانى فانه لا يخشى منه اذا كانت الاساسات مصنوعة فى عمق عظيم من سطح الارض كما هو العادة لانه يحصل بسبب احاطة الارض بالاساس وامتزاج المواد ببعضها وثقل البناء مقاومة كافية لهذه التدافعات المذكورة بحيث لا يخشى من تزحزح البناء فى أغلب العمليات المعتادة لكن لا ينبغى قطع النظر بالكلية عن هذا التأثير الذى شرحناه لما ذكرناه بل يلزم اعتباره فى بعض العمليات واستعمال الطرق اللازم عملها بحيث لا يحصل ضرر للبناء وأما التأثير الاول فلا يخشى منه متى كان الاساس موضوعا فوق أرض صلبة متحدة النوع متماسكة الاجزاء وحيث ان الطبقات المتركبة منها الارض مختلفة الصلابة لاسيما الطبقات الاولية المتركبة من الاتربة المنقولة يجب دائما على المهندس عند رمى أى أساس أن يحفر الارض حتى يصل الى الطبقات الصلبة الجامدة فعند ذلك يرمى الاساس فوقها وحيث كان لا يتأتى الوصول فى بعض الاراضى الى الطبقة الصلبة المذكورة الا بعد التوغل فى الارض واجراء العمليات التى تستدعى كثيرا من المصاريف ومضى كثير من الزمن فى الحفر ونقل الاتربة وما أشبه ذلك فيجب حينئذ استعمال طرق أخر فى التأسيسات على حسب أنواع الارض

بحيث يستغنى عن الطبقة المذكورة وسنشرح هذه الطرق فى محالها عند الكلام عليها وحيث كانت طرق التأسيس تختلف باختلاف أنواع الارض يلزمنا أن نشرح الطرق اللازمة لذلك فنقول

ينبغى لمعرفة جنس الارض أن تحفر آبار أو تستعمل المجسات الارضية وهى قضبان من حديد ذات خروق فى جهة طولها أو فى أسفلها تدق فى الارض بواسطة مطرقة أو مندالة فعند خروجها يعرف جنس الارض بواسطة الاتربة التى تبقى فى هذه الخروق ويوجد عادة فى رؤس هذه القضبان حلقات توضع فيها قطع أخشاب بواسطتها يدور القضيب عند خروجه من الارض فتدخل الاتربة فى هذه الخروق فتعرف حينئذ أنواع الارض وقد يتركب القضيب الواحد فى بعض الاحيان من جملة قضبان معشقة فى بعضها هذا اذا كان المطلوب غرس المجس فى عمق كبير من الارض وقد تختلف اشكالها بحسب كثرة صلابة الارض وقلتها وهناك طريقة أخرى وهى أن يؤخذ قطعة خشب عاتية طولها ثلاثة أمتار أو أربعة يدق بها على الارض فى عدة أماكن فاذا لم تهبط من الدق ونشأ من ذلك صوت خالص علم حينئذ أنها صلبة وأما اذا نشأ من الدق هبوط وسمع صوت غير خالص فانه يعلم حينئذ ان الارض غير قابلة للتأسيس فان ظن ان الارض الصلبة قريبة حفر حينئذ حتى يتوصل اليها ثم يرمى الاساس وأما اذا كانت بعيدة واحتاجت لكثير من المصاريف فتستعمل الطريقة الموافقة لذلك ويجب على المنوط بعملية الجس أن يمعن النظر فى امتحان الطبقات مع غاية الدقة والضبط التام وأن يكرر العمل فى نقط كثيرة من محل الاساس ولا يغتر بوجود طبقة صلبة خفيفة بل يتغول فى الارض حتى يتمكن من جميع الطبقات الصلبة المتوالية ويقف على أسماكها واتجاهاتها وسير المياه فيها لانه قد شوهد فى كثير من المحال طبقات ساترة لفجوات من الارض كالقواطين والمجارير وغيرها وطبقات صلبة تحتها طبقات غير صلبة فتنضغط ولا تتحمل ثقل البناء وبهذا السبب تنفصل أجزاء البناء من بعضها ويحصل تلف عظيم وهو هدم البناء ويجب عليه أيضا امعان النظر فى كيفية التأسيسات المعتاد عملها بحيث يتخذها دليلا يسلك عليه ولا ينبغى له ترك التفحص بل لا بد من امعان النظر فى جنس الارض حيث انها تختلف من نقطة الى أخرى ومن حيث ان الاماكن تختلف فى الاهمية والشكل وغير ذلك يكون لكل منها تأسيس يوافقه ولا يناسب غيره ثم ان أجناس الاراضى وان كانت مختلفة كثيرا يمكن حصرها فى نوعين وهما الاراضى

القابلة

القابلة للضغط وغير القابلة له

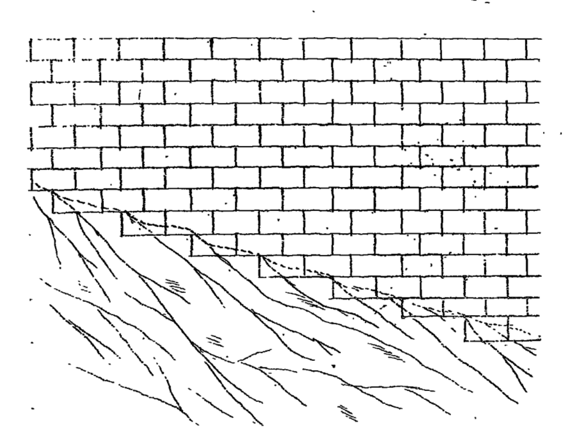
فمن النوع الاول الارض الطفلية والاراضي النباتية والوحلية وأرض روبة وغير ذلك

ومن النوع الثاني الارض الصخرية والحجرية والرملية وغير ذلك ولنشرح الطرق المستعملة في كل من هذه الانواع فنقول

(في التأسيسات التي تعمل في الاراضي غير القابلة للضغط)

يمكن البناء على الارض الصخرية بدون تأسيس لكن الاحسن في المباني المهمة أن يحفر فيها محل الاساس حفرا قليلا بحيث يرتكز عليه البناء ويختلف عمق ذلك الحفر لكن لا يكون أقل من ٣٠ سنتيمتر

فاذا كان سطح الصخر قريبا من الاستواء عمل فيه الاساس على هيئة مدرجات كما في هذا الشكل



وليهتم غاية الاهتمام بمزج المواد ببعضها فى بناء الحيطان المعدّة لتسوية التوازن فوق المدرجات بحيث تنضغط بالتساوى ولابدّ ان تترك الحيطان مدة حتى تجف وتتوطن لانها اذا بنى فوقها وهى لينة حصل فى المدرجات الواطية انضغاط أكثر من غيرها ويتسبب من ذلك تفلق فى الحيطان

فاذا كانت الصخرة التى يراد البناء فوقها قليلة المقاومة ينبغى بعد بناء الاساس كما تقدم تعريض الاساس وتعميقه بالوجه اللائق

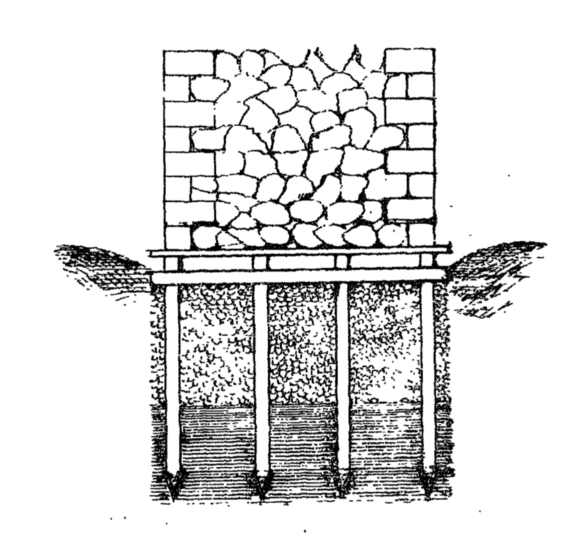
ومن حيث انه يوجد فى بعض الاحيان تحت الصخور فجوات طبيعية مغطاة بطبقة ظاهرة غير سميكة لا تتحمل ثقل البناء الراكز فوقها يجب ازالة هذه الطبقة من فوق الفجوات وملؤها بالدبش والمونة أو الخرسانة بحيث تؤمن عاقبتها كما انه لابدّ من ملء الفجوات الظاهرة أيضا كما تقدم وكيفية وضع الاساس فى بقية الاراضى التى من النوع الثانى كالاراضى الحجرية والاراضى الزلطية الرملية والاراضى الرملية ككيفية وضعه فى الصخور لكن من حيث ان هذه أقل تماسكا ومقاومة من من الاراضى الصخرية يجب جعل عمق الاساس وعرضه عظيمين بالنسبة الى الاثقال المتكئة عليها

ومن المعلوم ان الاراضى الرملية ليست واحدة فى جميع الحال بل منها ما هو صلب ذو تماسك ومقاومة كافية يمكن التأسيس فيه بدون مضرة ولا خوف ومنها ما اذا حفر فيه نبع منه ينابيع ماء كثيرة وهذا الصنف وان كان يتحمل ثقل البناء كالذى قبله الا انه لابدّ فيه من مراعاة الاحتراسات وهى ان يبتدأ أوّلا برسم الاساسات على الارض ثم تحضر المواد اللازمة وتخزن قريبا من محل الاساس ثم يحفر عمق كاف يمكن بناؤه فى يوم واحد وبعد تسوية قاعه تبنى ثلاثة مداميك من الدبش العالى والمونة الجيدة وتملأ الاخليا بالدقشوم والدبش الصغير ويداوم على البناء بعد ذلك مع غاية السرعة والاتقان بالمواد المحضرة قبل علوّ المياه وتغريقها للبناء فيحتاج ذلك الى مصاريف جسيمة وكذا يفعل فى اليوم الثانى وما بعده حتى يتم الاساس

ومن المهم ان يكون الجير المستعمل فى المونة مائيا طبيعيا كان أو صناعيا فاذا خيف مع ذلك من تأثير المياه فى الاساس أى سريانها بينه وبين الارض بحيث يخشى على البناء المرتكز عليه وجب حفظه اما بواسطة الخوازيق التى تغرس مماسة لبعضها فى جميع امتداد الاساس واما بحوائط تبنى ممتدة تحت الينابيع حتى لا يتأتى منها ضرر فى الاساس

وحيث

وحيث انه لا يمكن فى كثير من الاحوال الوصول الى الارض الصلبة ووضع الاساس عليها لما يترتب على ذلك من كثرة الحفر ونزح المياه ونقل الاتربة وضياع كثير من المصاريف فاخترعوا طرقا للتأسيس فى الاحوال المذكورة وبها يسهل الوصول الى المطلوب ونحن نشرحها لك فنقول تدق فى جميع سطح الاساس خوازيق يكون محور كل واحد منها بعيدا عن الآخر اما بمقدار ١,٢٠ م أو ٠,٨٠ م على حسب الثقل المحمول وقطر هذه الخوازيق فى العادة $\frac{١}{٢٤}$ من طولها لكن لا يكون أقل من ١٨ سنتيمتر

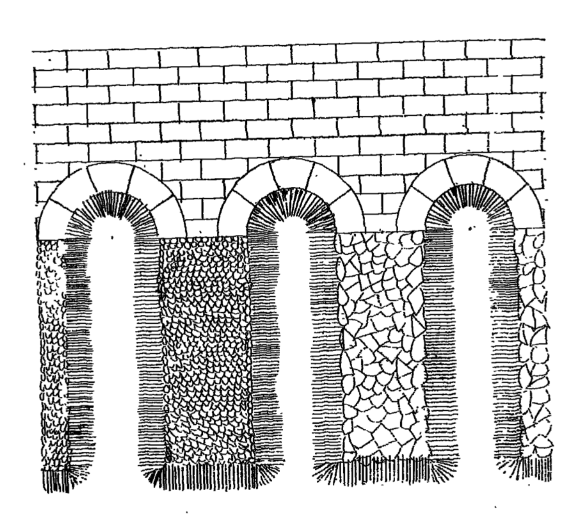


وفى هذه الحالة يمكن ان تتحمل فوق كل ميليمتر مربع من سطح قطاعها ٠٫٥ ك وهى فى العادة منتهية الطرف الاسفل بسلاح من حديد وذلك لسهولة غرسها فى الارض حتى تصل الى الارض الصلبة فان كانت هذه الارض الصلبة رملية أو زلطية تعسر غرس الخوازيق فيها وحصل فى دقها مشقة عظيمة تزداد كلما غاصت فى عمق الارض ويترك الدق على الخوازيق متى وقف نزولها وحصلت المقاومة مع وضع الثقل الذى يمكن ان يحمله كل خازوق ويستدل على ذلك فى العمليات بأمور منها ان يدق على الخازوق عشر مرات بمطرقة قدر زنتها ٦٠٠ ك وارتفاع سقوطها ٣٫٦٠ م ويظهر انه لم يغص الا ٠٫٠١ م فيمكن حينئذ اعتباره انه كاف لتحمل ٢٥٠٠٠ ك ومنها ان يدق عليه بالمطرقة المذكورة ٣٠ دقة ويكون ارتفاع السقوط ١٫٢٠ م ولم يغص الا المقدار المتقدم فيعلم حينئذ انه يتحمل الثقل المذكور ثم انه يعتبر فى العمليات المعتادة التى لا تحتاج لكثير من المقاومة ان مقادير النزول مناسبة لمقادير الاثقال التى يمكن ان تحملها الاراضى غير ان المنوط بالعمل لا ينبغى له ان يكتفى بهذه المشاهدات فى عملية وانما يكون مناط نظره التجربة المؤسسة على القواعد والادلة الصحيحة ثم ان الخوازيق بعد تمام غرسها تقطع الى الارتفاع المحدد فى مبدإ العملية ثم تزال الاراضى التى تزحزحت فى أثناء دق الخوازيق ويملأ محلها بالدبش والمونة المائية مع الزيادة الصلابة ولا بد ان يكون للبناء مداميك متوالية تدك دكا محكما لاجل زنق الخوازيق ببعضها وزيادة المقاومة ثم بعد ذلك تثبت رؤس الخوازيق بقطع من خشب فى جهة الطول وجهة العرض ببعضها كما هو مبين فى الشكل المتقدم ولا بد من ملء الاخلية المتكونة بين هذه الاخشاب بالبناء بحيث يتكون من ذلك كله دكة مستوية السطح موزونة فى جهاتها يوضع فوقها فرش من الواح الخشب ملتصقة ببعضها يرفع فوقها البناء المراد

عمله

عمله وفى بعض العمليات يستعمل بدل هذا الفرش مدما كان من الدبش العال محكما
الرص حول جميع أجزاء الاساس أو بطلى الاساس كله بطبقة من الخرسانة تمتد الى عمق
مناسب فيمكن بواسطة ذلك ان يكتفى بالخوازيق فقط دون ربط رؤسها بالاخشاب كما
تقدم ولا يخشى حينئذ من تزحزح البناء من فوق الاساس حيث زال الفرش المذكور
وبوجوده ربما يحصل ذلك

فاذا كان المراد تمكين عمق الاساس فى عمق عظيم من الارض كعمق ثمانية أمتار
أو عشرة احتيج فى الطريقة المتقدمة الى كثير من المصاريف فالاوفر والاحسن ان
تحفر آبار فى جميع امتداد الاساس مربعة أو مستطيلية ثم تملأ بالبناء المتقن أو بالخرسانة
ان كان فى الارض بعض تماسك ويعقد بينها بعقود مبنية بناء محكما يمكن عملها بدون
عبوة بأن يجعل للارض الكائنة بين كل بئرين بواسطة الاتربة المدكوكة وصورة العقد
كالمشاهد فى ذلك الشكل



وكذلك يمكن لزيادة الوفر استعمال الخراسانة أو الرمل المذكور بدل الخوازيق وطريقة ذلك ان تدق قطعة من الخشب الى العمق المطلوب ثم ترفع فيتكون عنها حفرة فتملأ هذه الحفرة بالخرسانة أو بالرمل المرشح بالماء وهكذا بهذه المثابة الى آخر امتداد الاساس بشرط ان يكون بين كل حفرتين مسافة مناسبة ولا تملأ الحفر المذكورة بالرمل المذكور المتقدم الا اذا كانت الارض ذات صلابة فى الماء وأما اذا كان المراد التأسيس فهناك طرق عديدة بحسب الاحوال

(الطريقة الاولى) هى ان يحاط محل الاساس بسد من الخشب والاتربة اومن الاتربة فقط ثم تنزح المياه المحصورة فى السد فمتى انكشفت الارض عمل الاساس بالطرق المعتادة كما تقدم وقد تنقص فائدة هذه الطريقة متى زاد ارتفاع الماء من مترين وقد يختلف شكل السد وتركيبه باختلاف ارتفاع المياه وقوتها والمواد الممكن الحصول عليها فتارة يكون السد مكونا من أتربة ذات انحدارين أحدهما داخل والآخر خارج وتارة يكون مكونا من أتربة محصورة بين خوازيق مثبت فيها سد من الخشب ملتحمة ببعضها تسمى (پلپلنش) وهذه السد تتركب من ألواح من الخشب يختلف سمكها من ۱۰,۰ الى ۱۵,۰ م مدببة الطرف الاسفل والعادة ان يجعل عرض السد قدر ارتفاع المياه وقد يكتفى فى بعض الاحيان بسد من خشب تتنوع كيفية تركيبها وتثبيتها على حسب الاحوال ويمكن الاكتفاء بالاقمشة المشمعة ان كان علو الماء قليلا ويكاد التيار ان يكون معدوما وهذه السد عرضة لتأثيرين أحدهما التأثير الناشئ عن الاتربة المحصورة بين الخوازيق وثانيهما ناشئ عن المياه المحاطة بالسدود المذكورة فان نزح المياه من الداخل ورميها الى الخارج ربما أثرت فى الخوازيق وكسرتها فلاجل منع التأثير الاول تربط رؤس الخوازيق بعوارض من خشب أو من حديد ولابطال الثانى تسند السدود من الداخل فى عدة نقط من طولها بمساند من خشب تختلف كيفيتها بحسب شكل السد واتساعه وارتفاعه ولا بد من الاهتمام فى انتخاب الاتربة الناعمة الخالية عن القطع الكبيرة من الطوب والدبش والزلط وقطع الاخشاب وما أشبه ذلك ثم توضع طبقات تدك دكا محكما ولا بد أيضا من ارتكاز هذه الاتربة على الارض الصلبة فان لم تكن الارض صلبة فتستعمل الآلات الغواصة حتى تظهر الارض الصلبة فيردم حينئذ فوقها ومع انه يهتم غاية الاهتمام فى أحكام

صناعة

صناعة هذه السدود يشاهد بعد نزح المياه من داخلها أن المياه ترشح من ثلاثة مواضع امامن وسط السد وامامن قاعدته أو تنبع من الارض عيون فتزداد كمية المياه وتزداد حينئذ عملية النزح وربما تعسر ذلك فان رشحت من الموضع الاول علم حينئذ أن ذلك دليل على عدم الاعتناء في انتخاب الاتربة ووجود بعض الاخشاب أو الاحجار فيها ولا بد من الاحتراس الكلي من ذلك هذه العملية بحيث تكون الاتربة نظيفة من سائر المواد الغريبة وان رشحت من الموضع الثاني كان هذا دليلا على ان الاتربة ارتكزت على أرض رملية غير صلبة وبناء على ذلك يلزم تنظيف محل الردم بواسطة الآلات الغواصة كما تقدم واما ان ظهرت من الموضع الثالث عيون فلا بد من الاهتمام وعدم الاهمال في سدها بكل ما امكن من الطرق حتى لا تزداد كمية المياه وتصعب عملية النزح والاحسن ان يحاط المنبع بخرزة مستديرة من البناء ان أمكن ذلك فترتفع المياه فيها الى استواء ماء النهر وتقف بعد ذلك ولا تضر بالعمل.

ومن حيث ان العمليات في مثل هذه السدود صعبة جدا يجب حينئذ ان تكون المواد محضرة بحيث يسهل العمل مع غاية السرعة ولا يكون هناك أدنى تان ويلزم أيضا لعدم الصرف والحصول على الوفر ان تكون السعة المحصورة بين السدود قليلة ما أمكن بحيث لا يحصل مضايقة في الشغل بل ربما احتاج الامر لعمل سدود أخر لزيادة الاحتراس

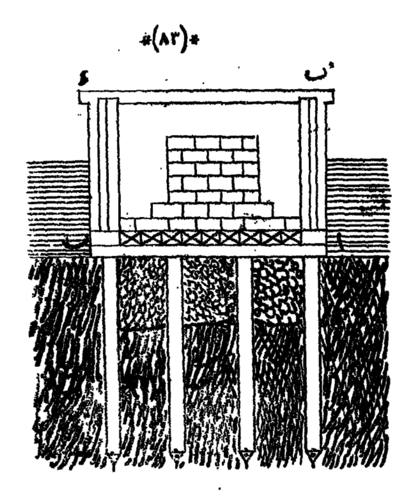
وقد تستعمل للنزح الآت كثيرة منها السطول والنطالات والشواديف والسواقي على اختلاف انواعها والطلمبات بأنواعها ويختار من هذه الآلات ما يناسب العملية على حسب المياه التي يراد نزحها كثيرة كانت أو قليلة وارتفاع المحل الذي يصب فيه الماء وكمية الشغالين كثيرة العدد كانت أو قليلته وغير ذلك في كثير من الامور فاذا استغرق نزح المياه مدة طويلة وكانت كمية المياه كثيرة فالاوفق ان تستعمل الآلات التي تدورها الحيوانات بدل الآلات التي يدورها الآدميون ويمكن ان تكون الآلات التي تدورها الحيوانات أوفر من الآلات التي يدورها الآدميون وحيث كانت هذه الآلات تستغرق كثيرا من الزمن في تركيبها وحلها وتستدعي كثيرا من المصاريف يلزم حينئذ ان لا تستعمل الا في العمليات المهمة الجسيمة ولا يختار منها الا ما كان أوفر وأليق بالعملية.

(الطريقة الثانية)

طريقة التأسيس فى الماء على خوازيق وتقافيص من خشب بدون اجراء عملية النزح وكيفية ذلك هى ان تدق الخوازيق لاسناد الاساس وتثبت رؤسها بتقفيصة من خشب بعد ان تقطع من جهة نهايتها العليا تحت سطح الماء بقدر ٠,٥٠م او ٠,٦٠م ثم تملأ الاخلية الكائنة بين الخوازيق بالدبش أو تكسى الخوازيق بسد من خشب وتملأ المسافات الكائنة بين الخوازيق والسد بالخرسانة و بعد تمام هذه العملية يوضع البناء المراد عمله فاذا اتفق ان النهر فاض بغتة احتاج الامر حينئذ الى عملية نزح قليل

(الطريقة الثالثة)

طريقة التأسيسات بالصناديق وهى أن تعمل صناديق كبيرة مستوية القاعدة التى يلزم أن تكون مكونة من قطع عظيمة الحجم وأجنابها المركبة من ألواح سمكها ٠,١٠م تكون مصنوعة صنعة بها يمكن فكها وتركيبها ثانيا بحسب الارادة فتى أريد عمل الاساس بهذه الصناديق يوضع الصندوق فوق المحل الذى يراد التأسيس فيه ثم يبنى داخله بالتدريج كما يعمل على الارض فينزل فى الماء شيئا فشيئا حتى يمس الارض كلما ازداد البناء فيه فان كان عمق الماء قليلا ينزل الى القاع و بعد دخول الماء فيه ثم يبنى داخله فاذا أريد نزوله فى الماء قبل البناء يوضع داخله أثقال مستعارة فينزل ثم يبنى داخله بالطريقة المعتادة فتى كان قاع النهر صلبا اكتفى حينئذ باستقرار الصندوق فى القاع لكن لما كان يندر استواء قاع النهر فى كثير من الحالات لزم قبل وضع الصندوق تسوية هذا القاع بعمليات أولية اما بالآلات الغواصة أو بعمل طبقة من الخرسانة وان كان القاع غير صلب تغرس فيه خوازيق تقطع قطعا أفقيا بآلات مخصوصة قريبا من سطح الارض ثم تملأ الاخلية الكائنة بينها بالدبش أو بالخرسانة ثم ترفع أجناب الصندوق بعد اتمام العملية ولا تترك الا قاعدته تحت الاساس وقد تثبت هذه الصناديق متى وضعت فى الماء فى محالها اللازمة بحيث لا تميل الا الى التحرك الرأسى فى الصعود والهبوط تبعا لسطح الماء بواسطة خوازيق تدخل فى حلقات مثبتة فى جوانب الصندوق وعند استقرار الصندوق على الخوازيق والدبش يلزم حفظ الاساس من تأثير الماء مخافة ان يحفر تحته و يهدمه بواسطة صف من خوازيق تحيط بالاساس وتكون ملتصقة ببعضها وقاعدة الصندوق مبينة فى هذا الشكل الآتى بالحرفين ا ب والحروف ا ث ه ب ء تدل على قوائم مثبتة بواسطة عوارض أفقية مثل عارضة ث ء



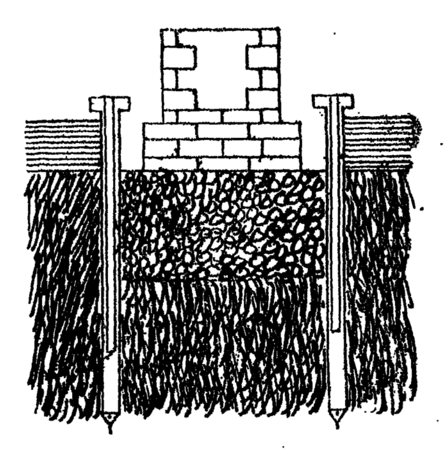
والسدد مثبتة فيها ونازلة فى أفريز مصنوع فى سطح بروا ز القاعدة والعوارض الافقية المذكورة مثبتة فى القاعدة بواسطة قضبان من حديد يمسكها من الاعلى صواميل ومن الاسفل مشبك

وقد يشاهد من هذا الوضع انه يكفى لفك أجناب الصندوق ان تحل الصواميل وترفع القضبان

(الطريقة الرابعة)

طريقة التأسيس بالخرسانة وهى ان يحاط محل الاساس بسد من الخوازيق (والبلنش) والاتربة وتحفر الطبقات غير الصلبة من محل التأسيس بواسطة آلات الغوص حتى يتوصل الى الارض المناسبة فى الصلابة فعند ذلك يملأ محل الاساس بالخرسانة الى الارتفاع المطلوب ثم يبنى فوقه كالمعتاد

ومتى كان القاع من الصخر لا يمكن حينئذ غرس الخوازيق فتستعمل فى هذه الحالة صناديق لا قاعدة لها مركبة من قوائم ومن سدد غليظة من البلبلنش ممسكة لعوارض أفقية تتحرك بينها وتنزل الى ان تمس الصخر فحينئذ توضع الخرسانة فى وسط الصندوق و يعمل الاساس كما سبق



وحيث كان من المعلوم ان الماء يحفر غالب الاوقات حول البناء بانصبابه يلزم التمسك بطرق ثلاثة أذكرها لك فأقول

الاولى ان يحاط الاساس بالدبش

الثانية ان تغرس خوازيق تحاط بالبلبلنش حول الاساس ملتصقة ببعضها ثم تملأ المسافة الخالية بينها و بين الاساس بالدبش أو بالخرسانة

الثالثة ان يصنع فرش عمومى من البناء فى جميع امتداد المحل الذى يخشى عليه وأوفر هذه الطرق واحسنها استعمالا الطريقة الاولى الا انها أقل صيانة للاساس

من

من غيرها وتختار الطريقة الثانية في حالة ما اذا كانت المياه غزيرة فتدق الخوازيق دقا قويا حتى تصل تحت النهاية الكبرى من الحفر التي تنشأ من تأثير المياه على القاع

وأما الطريقة الثالثة فتستعمل في حالة ما اذا كان قاع النهر مركبا من زلط ورمال قليلة التماسك ويستفاد مما سبق انه لا يمكن الاجراء على قانون مخصوص في جميع التاسيسات وانما الاحسن والاوفق ان يختار المهندس المنوط بالعمل بحسب الاحوال التي تعرض له الطريقة اللائقة بارتفاع المياه وقوتها وأهمية البناء والمواد المستعملة ونحوها وغير ذلك

(في التأسيسات على الاراضي القابلة للانضغاط)

متى كانت الارض الصلبة بعيدة جدا وجب على المهندس المنوط بالعمل ان يجري التأسيس على الارض غير الصلبة ثم هذه الارض تارة تكون فيها بعض صلابة وتارة لا يكون فيها ذلك

فان كان فيها بعض صلابة أي انها تنضغط قليلا وجب عليه ان يضع في امتداد الاساس فرشا عموميا مكونا من كتل عظيمة من الخشب ملتصقة ببعضها أو متقاربة يرتفع فوقها الاساس والبناء ويجب ان يكون عرض الفرش مناسبا لانضغاط الارض وما تتحمله من الاثقال في كل نقطة بشرط ان يكون مقدار الثقل الواقع على وحدة السطح واحدا في جميع امتداد الفرش ولا يتعدى نهاية معلومة ثم يرتفع البناء بعد ذلك بالانتظام على قدر الامكان حتى لا ينضغط بعض الاجزاء زيادة على البقية وفي بعض الاحيان يستعمل بدل الخشب فرش من الخرسانة ذو سمك مناسب بحيث لا يخشى منه فاذا لم يخف من تأثير الماء وضع تحت الفرش طبقة عظيمة من الرمل وفائدتها توزيع الضغط بالتساوي وتنقيص عرض الفرش وكذلك اذا كانت طبيعة الارض لا ترشح الماء تستعمل الخوازيق في جميع امتداد المحل للتأسيس عليها

واذا كانت رخوة جدا بحيث يحتاج الاساس لاتساع عظيم مؤد لكثرة المصاريف لزم قبل وضع الاساس جعل أرضه صلبة باحدى الطريقتين الآتيتين

الاولى أن توضع أحجار على الارض في محل الاساس لتكتسب الارض بذلك صلابة عظيمة باندكاكها في الارض وتزداد كمية الدبش اللازم وضعها كلما كانت الارض كثيرة الرخاوة وكان ثقل البناء جسيما

الطريقة الثانية أن تغرس خوازيق فى محل الاساس بشرط ان يكون طرفها الاغلظ هو المغروس فى الارض مخافة أن تنقذف عند دق باقى الخوازيق وهذه الخوازيق قد تكون رفيعة وقد تكون غليظة على حسب الاحتياج فتكون غليظة متى شوهد أن طبقات الارض تزداد صلابة كلما بعدت عن السطح وتكون رفيعة فى عكس ذلك ويمكن استعمال الطريقتين معا بمعنى أنه يوضع من الخوازيق الغليظة والرفيعة معا ثم تملأ الاخلية بالدبش ويجب على كل حال أن يكون الفرش متسعا زيادة عن محل البناء لاسيما فى الجهة التى يخشى منها وبعد اجراء ماذكر يبنى فوق الفرش ما يلزم بناؤه

ولما كانت أرض المخاض أى الارض المكونة من ماء وطين قليلة التماسك شبيهة بالمائع فى جميع خواصه بحيث اذا وقع عليها ضغط سرى فى جميع أجزائها كان التأسيس عليها فى غاية الصعوبة لاسيما عند وضع الخوازيق فانها تنقذف ولا تثبت الا بدق الخوازيق الاخر بجوارها أو من تأثير الارض عليها فحينئذ يجب عمل فرش عمومى متسع ذى سمك كاف من الخرسانة متى أريد التأسيس عليها ويجب ان يكون عرض الاساس كبيرا وان يكون الثقل موزعا بالتساوى فى أثناء الشغل بحيث لا ينضغط جزء أكثر من غيره وان تردم الارض المجاورة للفرش بالاتربة ولا بد من وضع أثقال عظيمة مدة أشهر على كل جزء من الاساس يساوى مجموعها بالاقل ثقل البناء اللازم وضعه حتى يتوطن

(فى سيلان المائعات)

جميع القوانين الجارى على مقتضاها العمل فى سيلان المائعات مؤسسة على القاعدة الآتية الناشئة من فرض توازى طبقات الماء فى الاناء المستدل عليها بالبرهان وهى ان سرعة الماء عند خروجه من منفذ تعتبر مساوية لسرعة جسم ثقيل سقط من الارتفاع الكائن بين استواء سطح الماء فى الاناء الخارج منه الماء ومركز المنفذ

ولنشرح التطبيقات المقتضية على هذه القاعدة والقوانين التجريبية المستعملة فى الاعمال فنقول

اعلم ان سيلان الماء على حالتين الحالة الاولى أن يكون استواء الماء الموجود فوق منفذ السيلان ثابتا فى الاناء

الحالة الثانية أن يكون استواء الماء الموجود فوق منفذ السيلان متغيرا

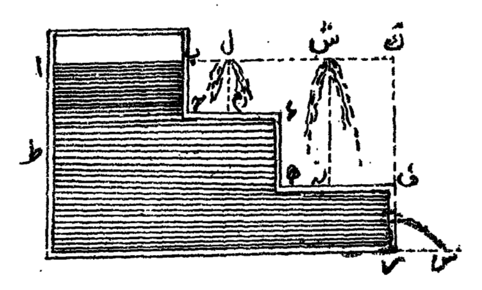
ففى الحالة الاولى يفرض أنه يأتى الى الاناء ماء من تيار جار مساو للماء الخارج منه

وفى

وفى الحالة الثانية يفرض أنه لا يأتى الى الاناء ماء من الخارج أو أن الماء الوارد اليه أقل من المنصرف منه بواسطة المنفذ ولنختبر كلا من هاتين الحالتين على حدته فنقول

(الحالة الاولى فى سيلان الماء الثابت الاستواء من الاوانى)

لاثبات القاعدة المذكورة نفرض كما فى هذا الشكل



منفذين م و هـ بالوجهين الافقيين ى ح و ق هـ للاناء ط المملوء دائما بالماء الى استواء ثابت ا كَ

فاذا فتح المنفذان صعد منهما الماء وعلا الى أن يقرب من استواء الماء ا كَ فى الاناء ط ويمكن أن يصل الى الاستواء المذكور اذا لم يكن هناك موانع كالهواء وخلافه تمنعه من الصعود

وحيث انه معلوم أن أى جسم دفع بقوة من أسفل الى أعلى لا يصل الى ارتفاع معلوم الا بسبب كونه وقع عليه فعل وصل له سرعة تساوى لسرعته لو فرض سقوطه من هذا الارتفاع فعلى هذا تكون الجواهر المائية حين خروجها من المنفذين م و هـ وقع عليها فعل وصل لها سرعة مساوية للسرعة المقابلة للارتفاعين م ل و هـ ش اى الى ارتفاع الماء من المنفذين الى استواء سطحه فاذا رمزنا الى سرعة خروج الماء بحرف س والى ارتفاع استوائه فوق المنفذ بحرف ر يحدث

$$س = \sqrt{٢ ج ر}$$

فاذا فرض أن الماء عوضا عن أن يخرج من المنفذين م و ه يخرج من موصلين أحدهما موضوع فى منفذ م والآخر فى ه فلا يرتفع الماء الى ارتفاعه الذى ارتفعه سابقا قبل وضع الموصلين كما وجد ذلك بالتجربة ويكون نقص الارتفاع بالموصلين متناسبا أعنى لو نقص مقدار علو الماء فى أحد المنفذين بقدر الربع لنقص فى الآخر كذلك

فاذا فرض أن م النسبة بين علو الماء وارتفاع ماء الاناء فوق المنفذ يحدث

$$س = \sqrt{٢ ح م \times ر} \quad و$$

$$سَ = \sqrt{٢ ح م \times رَ}$$

وهنا ر و رَ ارتفاعان مختلفان للماء و س و سَ السرعتان المقابلتان للارتفاعين المذكورين ومن القانونين المتقدمين يحدث

$$س : سَ :: \sqrt{ر} : \sqrt{رَ}$$

أعنى أن النسبة بين سرعات خروج الماء من الموصلات كالنسبة بين الجذور التربيعية لارتفاعات الماء

وما سبق يوافق الحالات التى تكون فيها المنافذ مفتوحة فى القاع وفى الجوانب الرأسية

(فى البحث عن مقدار تصرف الماء)

متى علمت السرعة لا صعوبة فى معرفة مقدار الماء المنصرف فى وحدة الزمن لانه كناية عن منشور قاعدته سطح المنفذ وارتفاعه السرعة فاذا رمزنا لمقدار التصرف بالرمز تص ولسطح المنفذ بالرمز قط يحدث

$$تص = قط \sqrt{٢ ح ر}$$

والقانون المذكور مبنى على فروضات غير تامة منها أن السرعة مقابلة لكل الارتفاع ر ومنها ان جواهر الماء تخرج من جميع نقط المنفذ على هيئة خطوط متوازية والحال أن الامر ليس كما ذكر لان السرعة الناتجة من التجربة أقل من السرعة المحسوبة بواسطة

القانون

القانون المتقدم ونقص تلك السرعة منسوب الى اتجاه عروق الماء حين خروجها من المنفذ لانها تميل الى أن تجتمع فينشأ عنها ما يسمى باندماج عرق الماء

وبالتجربة وجدوا أنه متى كان المنفذ مصنوعا فى جانب رقيق ينقص الاندماج قطاع عرق الماء ويجعله أقل من سطح قطاع المنفذ وبناء على ذلك ينقص مقدار التصرف ومتى كان سيلان الماء جاريا بواسطة موصل اسطوانى تكون سرعة الخروج أقل من السرعة المنسوبة للارتفاع ر فيكون التصرف هنا أيضا قليلا واذا كان الموصل مخروطيا يحصل نقص كذلك فى السرعة والقطع ويتبع ذلك التصرف

وفى جميع هذه الحالات يكون مقدار السرعة الحقيقية كسرا من مقدار السرعة النظرية فاذا رمزنا بالرمز م لمعامل الاندماج يحدث

$$ تص = م \times قط \sqrt{٢ ح ر} $$

(ومقدار م يتعين بالتجربة فى كل حالة خصوصية) فاذا رمزنا بحرف ه لزمن سيلان الماء من المنفذ يحدث

$$ تص = م \times قط \times ه \sqrt{٢ ح ر} $$

والحالة التى فيها المنفذ مستدير ومصنوع فى جانب انا سمكه أقل من قطر المنفذ تكون صورة العرق فيها كما فى هذا الشكل أعنى هيئة مخروط ناقص قاعدته الكبرى



المنفذ والصغرى بعيدة عنه وهو ا ب ثم بعد وصول عرق الماء الى هذا القطع يسير منتظما على هيئة اسطوانة مسافة تصغر وتكبر على حسب الحالات ومقدار التصرف فى هذه الحالة يساوى

للقطع اَ بَ مضروبا فى السرعة المنسوبة للارتفاع ر وقد وجد أحد مشاهير الايدروليكيين أن النسبة بين قطاع الاندماج والقطاع الاصلى كالنسبة بين $\sqrt{٢}$: ١ أعنى ان نسبة

ا ب : اَ بَ :: $\sqrt{٢}$: ١

فاذا كان قط رمزا لقطاع المنفذ يكون مقدار

$$\text{قطاع آ بَ} = \frac{\text{قط}}{\sqrt{2.7}} = ٧١ و٠ \times \text{قط}$$

فحينئذ يكون مقدار التصرف

$$\text{تص} = ٧١ و٠ \ \text{قط} \sqrt{٢ \ د \ ر}$$

والتجربة دلت على أن ٧١ و٠ الذى هو معامل الاندماج المرموز له بالحرف م كبير وهناك تجارب أخر دلت على أن النسبة بين القطر اب وآ بَ وبعد د ب كالنسبة بين الاعداد ١٠ : ٨ : ٥ فتكون حينئذ النسبة بين القطعين كالنسبة بين العددين $(١٠)^{٢} : ٨^{٢}$ أو كالنسبة بين العددين ١ : ٦٤ و٠ وهذا التصرف قليل عن المعامل المتوسط الذى استنتج لخصوص التصرف المحسوب

(طريقة ايجاد معامل الاندماج بوجه سهل)

لاجل ايجاد معامل الاندماج من غير صعوبة يحسب مقدار التصرف بالتجربة من منفذ معلوم السطح وبواسطة ذلك يحسب مقدار المعامل المذكور اللازم ضرب السرعة النظرية فيه ليتحصل على مقدار السرعة الحقيقية

(مثال ذلك)

لو فرض حوض به منفذ ضلعه ١٥٤ و٠ م وارتفاع الماء فى هذا الحوض (ر = ٨١ و٣ م) لا يتغير بواسطة ماء وارد اليه ووجد بالتجربة المضبوطة أن مقدار الماء المنصرف من المنفذ المذكور = ٧٤٦٦٥٨ و٧٤ مليمتر مكعب فمقداره فى الثانية الواحدة يكون $\frac{٧٤٦٦٥٨ و٧٤}{٦٠} = ٢٤٤٤٢ و١$ مليمتر مكعب لكان هذا المقدار ٢٤٤٤٢ و١ هو المعروف بالتصرف العملى

وحيث ان مقدار التصرف النظرى = قط $\sqrt{٢ \ د \ ر}$ = $(١٥٤ و٠ م)^{٢}$ $\sqrt{٢ \times ٨٠٨٨ و٩ \times ٨١ و٣}$ = ٠١٣٦ و٢ مليمتر فالنسبة بين التصرف العملى والتصرف النظرى التى هى $\frac{٢٤٤٤٣ و١}{٠١٣٤٤ و٢}$ = ٦١٨ و٠ تكون هى مقدار

معامل

معامل الاندماج م

ودلت التجارب على أن معامل الاندماج كبير فى المنافذ الصغيرة والارتفاعات الصغيرة والارتفاعات المذكورة هنا (تطلق على ارتفاع الماء فى الحوض) ولكنه لا يزيد عن ٠,٧١ ولا يكون أقل من ٠,٦

ومقداره فى العمليات دائر بين ٠,٦٠ و ٠,٦٤ ولذا استعملوا الحد المتوسط وهو ٠,٦٢

وعلى هذا فمقدار التصرف فى المنافذ المصنوعة فى الجوانب الرقيقة يكون

تص = ٠,٦٢ قط $\sqrt{٢ ء ر}$ أو

تص = ٢,٧٥ قط $\sqrt{ر}$

ومتى كانت المنافذ مصنوعة فى الجوانب الرأسية يقتضى جعل مقدار ر وهو ارتفاع الماء فى الحوض من ابتداء مركز المنفذ الى استواء الماء فى هذا الحوض حتى ان السرعة $\sqrt{٢ ء ر}$ لا تختلف عن السرعة المتوسطة لجميع عروق الماء

وقد عملوا تجارب عديدة على منافذ مستطيلة قاعدتها ٠,٢م وارتفاعها يختلف من ٠,٠١م الى ٠,٢م وحسبوا لكل منها معامل الاندماج وكونوا من ذلك جدولا لكن قد يمكن استخراج مقدار التصرف بواسطة القانون الآتى وهو

$$تص = ل ر \left(٢,٦٣ \sqrt{ر - ٠,١٣٦ \times ر + ٠,١٧٤} \sqrt{ر - ٠,٢ لو(٥ ر)} \left(\sqrt{ر} \right) \right)$$

وهنا ل = عرض المنفذ و ر = ارتفاعه و ر = ارتفاع الماء من مركز المنفذ الى استوائه فى الاناء هذا فى المنافذ المستطيلة فان كانت المنافذ مستديرة يكفى أن يوضع عوضا عن ل ر سطح المنفذ المستدير وعوضا عن ر قطره وهذا القانون لا يتحقق الا فى المنافذ التى ارتفاعها لا يزيد عن ٠,٠٥م والقانون الآتى يوافق جميع المنافذ وهو

$$تص = ب + ء ر + \frac{ء}{ر} \sqrt{ر + هـ}$$

وهنا $\bar{\text{ر}}$ = ارتفاع الماء من استوائه فى الحوض الى الحرف الاعلى للنفذ ومقدار ب يستخرج من هذا القانون

$$\text{ب} = \text{ل}\left(0{,}63\sqrt{\left(\bar{\text{ر}} - 0{,}062\right)^2 + 0{,}0017 + 0{,}0052\,\bar{\text{ر}} + 0{,}0044}\right) \quad \text{ث}$$

$$\text{ح} = \frac{0{,}00523 - 0{,}186\left(\bar{\text{ر}} - 0{,}125\right)^2}{\text{ر} + 0{,}00489} \times \text{ل}\,\bar{\text{ر}} \quad \text{ث}$$

$$\text{ء} = \left(2{,}48 + \frac{0{,}0054}{\text{ر} + 0{,}113}\right)\text{ل}\,\bar{\text{ر}} \quad \text{ث}$$

$$\text{هـ} = \left(0{,}339 + \frac{0{,}0043}{\text{ر} + 0{,}028}\right)\bar{\text{ر}}$$

وليتنبه على أن هذا القانون لا يتحقق الا فى الحالات التى فيها ارتفاع الماء فوق المنفذ لا يزيد عن ٢,٥ وذلك فى حالة ما اذا كان ارتفاع المنفذ ٠,١ وأربعة أمتار لجميع المنافذ الاخر

فاذا فرض أن الماء يسيل بواسطة موصل اسطوانى يكون معامل الاندماج ٠,٨٢ كما دلت على ذلك التجربة لان فى هذه الحالة يزيد التصرف والسرعة عن المنافذ المصنوعة فى الجوانب الرفيعة ويكون قانون التصرف هكذا

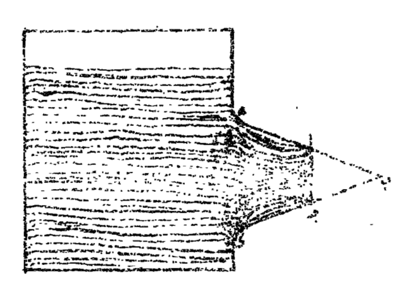
$$\text{تص} = 0{,}82\ \text{قط}\sqrt{2\,\text{ح}\,\text{ر}} \qquad (1)$$

فلو فرض أن منفذ خروج الماء من الموصل هو عين المنفذ المصنوع فى جانب الحوض لكان التصرف فى هذه الحالة منسوبا بالنقص حصل فى السرعة المنسوبة للارتفاع ر فاذا فرض أن السرعة المنسوبة للارتفاع ر هى س وأن سرعة خروج الماء من الموصل هى و يكون

$$\text{و} = 0{,}82\ \text{س}$$

وفى الموصلات المخروطية التى تكون قاعدتها الصغرى هى منفذ خروج الماء والكبرى منطبقة على جانب الحوض يكون مقدار التصرف اكبر من الموصلات الاسطوانية

الاسطوانية اذا كان للوصلات المذكورة ابعاد مناسبة لان مقدار التصرف المذكور يختلف باختلاف الزاوية الواقعة بين خطين راسمين مأخوذين على سطح المخروط كالخطين ا هـ و ج ء وممتدين الى أن يتقابلا فى زاوية كالزاوية ا ب ج المرسومة فى هذا الشكل



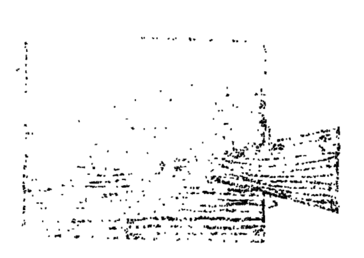
ففى حالة كون الزاوية المذكورة صفرا أعنى كون الموصل اسطوانيا يكون م = ٨٢ و٠ ثم تتزايد شيئا فشيئا الى أن تكون الزاوية المذكورة ١٢° أو ١٣° فيكون م = ٩٥ و٠

ثم تتناقص شيئا قليلا الى أن تكون الزاوية المذكورة ٢٠° فيكون م = ٩٤ و٠ او ٩٣ و٠

وبعد هذه الزاوية يتناقص المعامل الى أن يصير مساويا للعامل المستعمل فى المنافذ المصنوعة فى الجوانب الرقيقة ويكون م = ٦٥ و٠

وأما مقدار معامل السرعة فهو دائما آخذ فى الزيادة من ابتداء ٨٣ و٠ المقابل لزاوية صفر الى م = ٩٩ و٠ المقابل لزاوية ٤٩°

والموصلات المخروطية التى قاعدتها الكبرى بعيدة عن الحوض والصغرى ملتصقة بجانبه المبين فى هذا الشكل



فيها هذه الخاصية الشهيرة وهى أن التصرف منها أكبر من التصرف النظرى المستخرج من القوانين المتقدمة

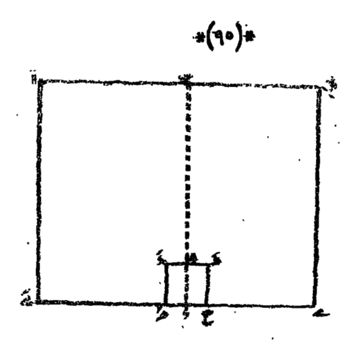
وأحد المشاهير فى هذا الفن وجد بعد تجارب عديدة فى حالة كون طول الوصل يساوى سبع مرات قطر قاعدته الصغرى وكون زاوية التجميع ا ب ج = ٥ٍ أن مقدار التصرف الحقيقى قدر مقدار التصرف النظرى مرة ونصفا

والقانون السابق لمقدار التصرف يظهر منه أن السرعة المتوسطة لجميع عروق المياه المارة من المنفذ مبينة بكمية $\sqrt{2\,ح\,ر}$ وليس كذلك لان السرعة للعرق المتوسط والسرعة الحادثة من الارتفاع ر ليستا السرعة المتوسطة بسبب أن السرعة تناسب لمربع الارتفاعات والفرق بين السرعة المتوسطة وسرعة العرق المتوسط قليل متى كان ارتفاع المنفذ قليلا بالنسبة الى الارتفاع المتوسط للماء فوق المنفذ ولا يصح صرف النظر عن هذا الفرق فى الاحوال الاخر

ولنبين النتائج النظرية التى تصير للسرعة المتوسطة فى حالة كون الماء يسيل من منفذ مصنوع فى جانب الحوض

لذلك نفرض أن اَ سَ ىَ بَ اناء مملوء دائما بالماء الى استواء اَ بَ

ونفرض أن الماء يسيل من المنفذ المصنوع فى الجانب الرقيق ءِ هِ عِ ح كالمبين فى هذا الشكل



وبما أنّ شكل المنفذ لا يحصل منه تأثير على التصرف فنفرضه لاجل السهولة مستطيلا ولاجل الاختصار نفرض أنّ $\text{شء} = \text{ر}$ و $\text{شه} = \text{رَ}$ و $\text{خح} = \text{ل}$ وحينئذ يكون $\text{هء} = \text{ر} - \text{رَ}$

وبناء على ذلك تصير المعادلة العمومية للتصرف النظرى هكذا

$$(٢) \qquad \text{نص} = \frac{٢}{٣}\,\text{ل}\,\sqrt{٢\text{ح}}\left(\text{ر}\sqrt{\text{ر}} - \text{رَ}\sqrt{\text{رَ}}\right)$$

ومنه يمكن استخراج مقدار السرعة المتوسطة بملاحظة أن

$$\text{مساحة قطع المنفذ} = \text{ل}\,(\text{ر} - \text{رَ})$$

وبفرض أنّ س هى السرعة المتوسطة يكون

$$\text{س} = \frac{٢}{٣}\sqrt{٢\text{ح}}\;\frac{\text{ر}\sqrt{\text{ر}} - \text{رَ}\sqrt{\text{رَ}}}{\text{ر} - \text{رَ}}$$

ولاجل استخراج مقدار الارتفاع المتوسط يكفى وضع مقدار السرعة المتوسطة في معادلة

$$\text{رَ} = \frac{\text{س}^{٢}}{٢\text{ح}}$$

فالناتج يكون

$$\text{ر}_{١} = \frac{٤}{٩}\left(\frac{\text{ر}\sqrt{\text{ر}} - \text{رَ}\sqrt{\text{رَ}}}{\text{ر} - \text{رَ}}\right)^{٢}$$

ولنمثل ببعض أمثلة لتوضيح ماذكرنا فنقول

(المثال الاول)

ماهو مقدار التصرف النظرى من منفذ شكله مستطيل ارتفاعه ٥ ر٠ م
وعرضه ر١ م وارتفاع الماء من الحرف الاعلى للمنفذ الى استواء الماء ٢ م
جواب ذلك أن يقال توضع فى قانون (٢) المتقدم للتصرف المقادير الآتية وهى

رَ = ٢ م ن

ر = ٢ م + ٥ ر٠ م = ٥ ,٢ م ن

د = ١ م فيؤول الى

تص = ٢/٣ √ ٢ ح (٥ ,٢ √ ٥ ,٢ − ٢ √ ٢) وباجراء عمليات الجذر والضرب
والطرح والقسمة يحدث تص = ٣, ٢٩٣٤ متر مكعب
واذا استخرجنا مقدار التصرف من

قانون (١) السابق بملاحظة ان الارتفاع المتوسط هو ١/٢ (ر + رَ) = ٢٥ ,٢ م
ووضعنا فيه المقادير المرقومة بدل الرموز يؤول الى

تص = ٥ ر٠ √ ٢ ح × ٢٥ ر٢ أو

تص = ٣٢١٨ ر٣ متر مكعب

ولننبه على أن ارتفاع المنفذ هنا تقريبا ١/٤ الارتفاع المتوسط للماء

(المثال الثانى)

أن يكون المطلوب التصرف النظرى فى حالة كون ارتفاع المنفذ ١ ر٠ م
وعرضه ٥ ,٠
وارتفاع الماء فوق قاع المنفذ ٠٥ ,١ م
جواب ذلك أن توضع فى قانون (٢) المتقدم للتصرف المقادير الآتية وهى

ر = ٠٥ ر١ ن

رَ = ٠٥ ,١ − ١ ر٠ = ٩٥ ر٠ ن

د = ٥ ر٠ فيؤول الى

تص = ٢/٣ (٥ ر٠) √ ٢ ح (٠٥ ر١ √ ٠٥ ر١ − ٩٥ ر٠ √ ٩٥ ر٠) وبالاختصار يحدث

تص

نص = ٠٫٢٢١٤٤٤ ر

واذا استخرجنا مقدار التصرف من معادلة (١) بملاحظة أن الارتفاع المتوسط

$\frac{١}{٢}$ (ر + رَ) = ١ ووضعنا في القانون المذكور المقادير المرقومة بدل الرموز يؤول الى

نص = (٠٫٥) (٠٫١) $\sqrt{٢ ء}$ وبالاختصار يحدث

نصَ = ٠٫٢٢١٤٥٩

وفي هذا المثال يكون ارتفاع المنفذ $\frac{١}{١٠}$ الارتفاع المتوسط للماء فوق سطح المنفذ ومقدار التصرف المستخرج من قانون (٢) حيث انه هو التصرف النظري يلزم ضربه في معامل يستخرج من التجربة لاجل الحصول على التصرف الحقيقي اى المستعمل في الاعمال والمعامل المذكور قد وجدوه دائرا بين ٠٫٧١٢ و ٠٫٦٠٥ في المنافذ التي ارتفاعاتها دائرة بين ٠٫٠١ و ٠٫٢م وارتفاع الماء فوقها مختلف من ٠٫٠١م الى ٢٫١م فاذا ضرب مقدار التصرف النظري في المعامل وجد أن حاصل الضرب هو عين حاصل ضرب التصرف المستخرج من معادلة (١) في المعامل السابق ذكره

فحينئذ يكون استعمال قانون (١) كافيا بسبب أنه أبسط في الحسابات

(في التصرف من المصبات)

التصرف من المصبات ليس الا حالة من حالات المنافذ الرأسية ولننبه على أن المصب هو عبارة عن فتحة مستطيلة مصنوعة في الحرف الاعلى للحوض في جهة من جهاته كما في هذا الشكل وحيث ان ارتفاع الماء فوق الحرف الاعلى للمصب = ٠ يجعل حينئذ رً = ٠ في قانون (٢) فيؤول الى

$$نص = \frac{٢}{٣} ل \sqrt{٢ ء} \times ر \sqrt{ر}$$

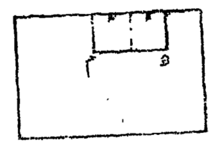
فيكون مقدار التصرف العملي حينئذ (٣) $نصَ = \frac{٢}{٣} ل مَ \sqrt{٢ ء} \times ر \sqrt{ر}$

وهنا مَ هو معامل الاندماج ولننبه أيضا على أن الارتفاع ر الذى هو فوق القاعدة السفلى للصب أكبر من ارتفاع الماء فوق هذا القاع مثلا لو فرض أن ا ب هو الارتفاع العمومى للماء فوق القاع المنسقط فى نقطة ب لكان ارتفاع ب ء فوق هذا القاع أصغر من ا ب بسبب تحرك جواهر الماء التى تبتدئ أن تسقط فى نقطة ﻫ قبل أن تصل الى المنفذ فعلى هذا يكون مقدار ر فى قانون (٣) هو ا ء ب وليس ء ب

وفى الحسابات الارتفاع ر هو البعد بين قاعدة المصب واستواء الماء الراكز

(ملحوظة)

حيث ان قياس الارتفاع ر من المهم وجب أن نبين الطرق الموصلة لذلك فنقول



حيث شوهد بالتجربة أن الماء يبقى ثابتا فى زاويتى م و ﻫ فنأخذ نقطتين على بعدين متساويين من المصب احداهما جهة م والاخرى جهة ﻫ ونشد خيطا بين النقطتين المذكورتين فالعمود الخارج من وسط المصب ومقابلا للخيط يكون هو الارتفاع ر المطلوب فاذا لم يمكن قياس الارتفاع ر بالطريقة المتقدمة بسبب وجود مانع فيستخرج مقدار ر من القانون الآتى

$$ر = ﻫ + ١٩ ٠٠ و ٠ + \sqrt{ك ﻫ + ٨١ ٠٠٠٠٠٠ و ٠}$$

وهنا ﻫ سمك الماء فوق وسط المصب وأما مقدار ك فيتعين من هذه المعادلة

$$ك = ١٩٦ ٠٠٠٠ و ٠ \left(١٩ + \left(\frac{ل^َ}{ل} - ٥ و ١٥ \right)^{٢} \right)$$

وهنا ل ولَ عرض الخليج وعرض المصب ومتى كان لَ = ل يكون

ر = ٢٥ را × ﻫ

ومتى كان لَ = ٨٦ ر ٠ ل يكون ١٧٨ را × ﻫ = ر

وحيث ان الكمية $\frac{٢}{٣}$ مَ $\sqrt{٢ ح}$ ثابتة فى جميع المصبات فنرمز لها بالرمز ع وحينئذ فمقدار

فمقدار التصرف من المصب الذى عرض قاعه ل يستخرج من هذا القانون

$$تص = ع\ ل\ ر \sqrt{ر}$$

وتجارب المشاهير فى هذا الفن دلت على أن ع = بالمتوسط ٠٨٠ ر١ وبناء عليه

يكون قانون التصرف (٤) $تص = ٠٨٠ر١ \times ع \times ل \times ر \sqrt{ر}$

ولنطبق ماذكر على مثالين فنقول

(المثال الاول)

اذا كان المعلوم حوضا وارداله الماء دائما بشرط ان استواءه لا ينقص ومقدار ذلك الماء الوارد له ٥ر١ ٣٣٣ متر مكعب فى الثانية الواحدة فالارتفاع اللازم لانخفاض قاع مصب بهذا الحوض بحيث يصرف الماء الوارد له بشرط أن يكون مقدار عرض قاع المصب ٦٠ر١ م

جواب ذلك أن يقال حيث ان المقدار المجهول فى هذا المثال هو ر فيستخرج مقداره من القانون السابق يحدث

$$ر = \sqrt[3]{\left(\frac{تص}{١ر٨ \times ١ر٦}\right)^٢} = \sqrt[3]{\left(\frac{١ر٥}{١ر٨ \times ١ر٦}\right)^٢} \quad أو$$

$$ر = ٦٤٧ر٠ م$$

فحينئذ يلزم وضع قاع المصب تحت استواء الماء الراكد بمقدار ٦٤٧ر٠ م

(المثال الثانى)

ما مقدار العرض اللازم اعطاؤه لمصب منخفض تحت استواء ماء حوض بقدر ٦ ر٠ م كى يحصل من المصب المذكور تصرف من الماء قدره ٣ متر مكعب فى الثانية الواحدة

جواب ذلك أن يقال ان فى هذا المثال ر = ٦ ر٠ و تص = ٣ ٣٣٣ والمقصود معرفة المجهول ل فمن معادلة (٤) يستخرج هذا المجهول فيحدث

$$ل = \frac{تص}{١ر٨٠ \times ر \sqrt{ر}} = \frac{٣ ٣٣٣}{١ر٨٠ \times ٠٦ر٠ \times \sqrt{٦٠ر٠}} \quad وبالاختصار$$

يحدث ل = ٣٩١ر٢ م

وحينئذ يعطى للمصب المذكور عرض قدره ٢ر٣٩١ م²

وفى كثير من الحالات يكون الماء الوارد للحيضان بواسطة مجراة متسلطة بالجنب المصنوع به المنفذ أو المصب وفى هذه الحالة لا يكون سيلان الماء من المنفذ بسبب الارتفاع ر فقط بل يكون أيضا بسبب سرعة الماء فى المجراة المذكورة يعنى ان مقدار ر يكون مساويا لارتفاع الماء فوق المنفذ زائدا الارتفاع المقابل لسرعة الماء فى المجراة وبناء على ذلك يقتضى عند مصادفة حالة مشابهة لما ذكر اعتبار مقدار ر فى قانون (٣) كما ذكرنا

وأما فى حالة المصبات ففيها بعض صعوبات يجب علينا أن نوضحها فنقول يمكن وضع قانون التصرف من المصبات بهذه الصورة

$$\text{ص} = \text{م}\,\text{ل}\,\text{ر}\sqrt{2\,\text{ح}\left(\tfrac{4}{9}\,\text{ر}\right)} \qquad (5)$$

فبقطع النظر عن مقدار م نجد أن الطرف الثانى يتركب من كميتين احداهما ل ر التى هى تساوى مساحة سطح المصب والثانية $\sqrt{2\,\text{ح}\left(\tfrac{4}{9}\,\text{ر}\right)}$ التى هى السرعة المتوسطة لجريان الماء وحيث ان التصرف يساوى سطح قطع المنفذ مضروبا فى السرعة المتوسطة تكون كمية $\tfrac{4}{9}$ ر هى الارتفاع المكون للسرعة المتوسطة وهى الكمية التى يلزم اضافتها الى ارتفاع السرعة المتوسطة من المصب وبالرمز بحرف و لهذه السرعة تكون كمية $\frac{\text{و}^2}{2\text{ح}} = ٠ر٠٥١\ \text{و}^2$ هى الارتفاع المقابل لسرعة و وحينئذ يكون مقدار التصرف من المصبات

$$\text{ص} = \text{م}\,\text{ل}\,\text{ر}\sqrt{2\,\text{ح}\left(\tfrac{4}{9}\,\text{ر} + 0.051\,\text{و}^2\right)} \qquad \text{أو}$$

$$\text{ص} = \tfrac{2}{3}\,\text{م}\sqrt{2\,\text{ح}} \times \text{ل}\,\text{ر}\sqrt{\text{ر} + 0.115\,\text{و}^2}$$

فاذا فرضنا أن س هى السرعة السطحية لماء المجرى وجعلنا و = ٠ر٩٤ س يكون قانون التصرف

$$\text{ص} = 1.87 \times \text{ل}\,\text{ر}\sqrt{\text{ر} + 0.1 \times \text{س}^2}$$

والتجربة دلت على ان $\tfrac{2}{3}\,\text{م}\sqrt{2\,\text{ح}} = 1.78$

وهذا القانون الاخير يستعمل فى جميع الحالات التى فيها سطح قطع المجراة لا يزيد عن ١١ او

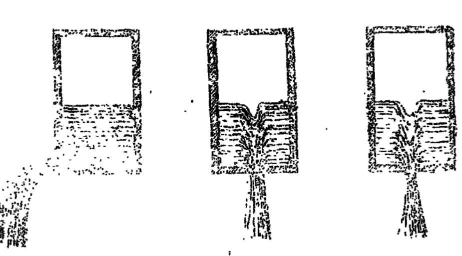
أو ١٢ ل ر وفى حالات أخر حيث ان السرعة سـ لا تؤثر شيئا فلا داعى الى استعمالها فى الحسابات

و بالتأمل فى قانون (٥) يشاهـد ان سرعة الماء فى المجراة هى ثلثا سرعة الماء فى قاع المصب

(الحالة الثانية)

(فى سيلان الماء المتغير الاستواء من الاوانى)

نظرية توازى طبقات الماء التى هى أساس لسيلان الماء غير كافية فى هذه الحالة لانه لو فرض فى مبدأ الامر أن سطح الماء الاعلى ينخفض موازيا لنفسه لاتجهت طبقات الماء جهة المنفذ حين قربه من المنفذ المذكور وتميل لان تجتمع فيه وحينئذ ينعدم شرط التوازى المذكور ومتى وصل الماء قريبا من قاع الاناء تحدث نقرة مخروطية الشكل يوجد فى وسطها الهواء فينقص مقدار التصرف و يكون السيلان نقطة بعد نقطة وذلك حين يكون ارتفاع الماء بعض مليمترات كما فى هذه الاشكال الثلاثة



المبين فيها اجتماع طبقات الماء واتجاهها جهة المنفذ وحيث انه يلزم اعتبار الحالات التى فيها ينصرف ماء الحوض تستخرج من التجربة معاملات بواسطتها تستعمل القوانين النظرية اللازمة لذلك ولنشرع فى ذلك فنقول

حيث ان سرعة خروج الماء فى لحظة ما متسببة عن ارتفاع الماء فى الحوض فوق المنفذ

فاذا رمزنا بحروف ر ر َ ر ً الخ الى ارتفاعات مختلفة فوق مركز المنفذ تكون

سرعات خروج الماء من المنفذ المقابلة للارتفاعات المذكورة هى $\sqrt{2 \text{ ح } ر}$ و$\sqrt{2 \text{ ح } ر'}$ و$\sqrt{2 \text{ ح } ر''}$ الخ أعنى أنها تكون مناسبة للجذور التربيعية للارتفاعات المذكورة وحينئذ يكون سيلان الماء تابعا لقوانين التحرك المنتظم التقهقرى ويسهل بعد ذلك مقارنة كمية الماء التى تسيل فى ظرف مدة معلومة مع كمية الماء التى تسيل لو كان التحرك منتظما

لانه معلوم ان الجسم المتحرك بحركة منتظمة التقدم يكتسب فى مدة ما من الزمن سرعة كافية لأن تجعله يقطع مسافة فى نفس الزمن بعينه ضعف المسافة التى قطعها بتحرك قهقرى وبالعكس متى كان الجسم متحركا بحركة منتظمة القهقرى يقطع فى مدة ما من الزمن مسافة قدرها نصف المسافة التى يقطعها بتحرك منتظم التقدم فى نفس المدة وعلى هذا لو اعتبرنا أن الماء السيال كمنشور قاعدته المنفذ وارتفاعه المسافة المقطوعة بأول جواهر الماء فى حالة كونها متحركة بحركة منتظمة القهقرى لكان جسم هذا الماء السائل نصف جسمه الذى كان يقطعه لو حفظت سرعته الاولى الابتدائية لان المسافة التى كان يقطعها (أعنى ارتفاع المنشور) تكون الضعف ومما سبق يعلم ان جسم الماء الخارج من منفذ مصنوع فى اناء ينصرف نصف جسمه الذى كان يسيل فى نفس المدة لو كان السيلان متسببا عن الارتفاع الاصلى للماء فى الاناء قبل السيلان

ولنفرض ان ر ارتفاع الماء فى الحوض قبل ان يبتدئ السيلان وان ق القطع الافقى للاناء المنشورى وان ت المدة التى فيها يسيل الماء بتمامه المبين جسمه بكمية ق ر فباعتبار النظرية السابقة يكون جسم الماء السائل فى المدة ت بسبب الارتفاع الثابت ر هو ٢ ق ر

وحيث ان التصرف مبين بهذه الكمية م قط ت $\sqrt{2 \text{ ح } ر}$ فيكون

$$٢ \text{ ق } ر = \text{م قط ت } \sqrt{2 \text{ ح } ر}$$

وهذا هو قانون سيلان الماء من منفذ مصنوع فى قاع اناء منشورى الشكل وباستخراج مقدار ت منه التى هى مدة السيلان بتمامه يحدث

$$\text{ت} = \frac{2 \text{ ق } \sqrt{ر}}{\text{م قط } \sqrt{2 \text{ ح}}}$$

ولنبحث الآن عن مقدار المدة التي تمضي حين ينخفض ماء الحوض بمقدار معلوم ولاجل ذلك نفرض ان الارتفاع الاصلي ر انخفض وصار $\bar{\text{ر}}$ في مدة قدرها $\bar{\text{ه}}$ ثم نفرض ان الحوض بتمامه يتفرغ في مدة قدرها $\bar{\bar{\text{ه}}}$ من ابتداء الارتفاع $\bar{\text{ر}}$ فيكون بمقتضى المعادلة السابقة

$$\bar{\bar{\text{ه}}} = \frac{\text{٢ع}\sqrt{\bar{\text{ر}}}}{\text{م قط}\sqrt{\text{٢ح}}}$$

ويكون حينئذ مقدار المدة $\bar{\text{ه}} = \text{ه} - \bar{\bar{\text{ه}}}$ أو

$$\bar{\text{ه}} = \frac{\text{٢ع}\sqrt{\text{ر}}}{\text{م قط}\sqrt{\text{٢ح}}} - \frac{\text{٢ع}\sqrt{\bar{\text{ر}}}}{\text{م قط}\sqrt{\text{٢ح}}} \qquad \text{أو}$$

$$\text{(٦)} \qquad \bar{\text{ه}} = \frac{\text{٢ع}}{\text{م قط}\sqrt{\text{٢ح}}}\left(\sqrt{\text{ر}} - \sqrt{\bar{\text{ر}}}\right)$$

ولنطبق على القانون مثالا فنقول

لو فرضنا ان الحوض منشوري الشكل وقطاعه مربع وضلعه ٠ر٩٧٥م وفي قاعه منفذ مستدير قطره ٠ر٠٥٤١م

وان الحوض المذكور بعد ملئه بالماء الى ارتفاع قدره ٣ر٧٩م انخفض الى ارتفاع قدره ٢ر٩٢م بعد مضي مدة قدرها $\bar{\text{ه}}$ وان معامل الاندماج م = ٠ر٦٠ وأردنا ان نستخرج هذه المدة $\bar{\text{ه}}$ بواسطة القانون (٦) المتقدم

فيجعل ع = ٠ر٩٧٥ × ٠ر٩٧٥ = ٠ر٩٥٠٠٦م$^{\text{٢}}$ و قط = $\frac{\text{١}}{\text{٤}}$ط × ٠ر٠٥٤١$^{\text{٢}}$ = ٠ر٠٠٢٣م$^{\text{٢}}$ و

ر = ٣ر٧٩م و $\bar{\text{ر}}$ = ٣ر٧٩ − ٢ر٩٢ = ٠ر٨٧م

ثم نضع هذه المقادير بدل الرموز المذكورة في قانون (٦) نجد

$$\bar{ه} = \frac{٠٫٢٩٥٠٦ \times ٤}{٠٫٦٠ \times ٠٫٠٠٢٣ \times \sqrt{٢ج}}\left(\sqrt{٣٫٧٩} - \sqrt{٠٫٨٧}\right)$$

وبعد الاجراآت المقتضية للاختصار يحدث

$$\bar{ه} = ٤٣٠ = ١٠ \text{ و } ٧$$

وهذه النتيجة مقاربة لما وجد سابقا بالتجربة

وعلى كل حال متى كان السيلان لا يحدث عنه نقرة كما ذكرنا تكون نتائج قانون (٦) موافقة للعمل

وأما اذا أردنا معرفة الانخفاض ر ــ رَ الموافق الى لحظة معلومة هَ فنضع معادلة (٦) بهذه الصورة

$$\sqrt{ر} - \sqrt{رَ} = \frac{م هَ \text{ قط } \sqrt{٢ج}}{٢ى}$$ ثم نضرب كلا من الطرفين فى $\sqrt{ر} + \sqrt{رَ}$ يحدث

$$ر - رَ = \frac{م هَ \text{ قط } \sqrt{٢ج}}{٢ى}\left(\sqrt{ر} + \sqrt{رَ}\right)$$

ثم نضع عوضا عن $\sqrt{رَ}$ مقداره المستخرج من معادلة (٦) وهو

$$\sqrt{رَ} = \sqrt{ر} - \frac{م هَ \text{ قط } \sqrt{٢ج}}{٢ى}$$ يحدث

$$ر - رَ = \bar{ر} = \frac{م \bar{ه} \text{ قط } \sqrt{٢ج}}{٢ى}\left(\sqrt{ر} - \frac{م \bar{ه} \text{ قط } \sqrt{٢ج}}{٤ى}\right) \quad (٧)$$

وهنا الرمز $\bar{ر}$ هو مقدار الانخفاض المطلوب

وحيث ان التصرف فى مدة الزمن هَ يساوى لمنشور قاعدته ى وارتفاعه $\bar{ر}$ فيكون حينئذ

$$\bar{ص} = ى \bar{ر} = م \bar{ه} \text{ قط } \sqrt{٢ج}\left(\sqrt{ر} - \frac{م \bar{ه} \text{ قط } \sqrt{٢ج}}{٤ى}\right)$$

ولنتكلم

ولنتكلم الآن على الحالة التي يكون فيها الماء الآتي في الحوض واردا له من مجرى بشرط أن يكون مقدار ما يرد منها أقل مما يصرفه المنفذ فنقول

اذا فرضنا ان ك مقدار الماء الوارد للحوض في وحدة الزمن وان س مقدار انخفاض ارتفاع ماء الحوض في الزمن هَ

فالقانون العمومي الذي يستخرج منه الزمن هَ هو

$$\text{هَ} = \frac{\text{٢ ق}}{(\text{م قط}\sqrt{\text{٢ ج}})^{\text{٢}}}\left(\text{م قط}\sqrt{\text{٢ ج}}\left(\sqrt{\text{ر}} - \sqrt{\text{رَ}}\right) + \text{ب}\right) \quad (\text{٨})$$

ومقدار ب في هذا القانون يحسب بهذه المعادلة

$$\text{ب} = \text{٢ر٣٠٣} \times \text{ك لو}\left(\frac{\text{م قط}\sqrt{\text{٢ ج ر}} - \text{ك}}{\text{م قط}\sqrt{\text{٢ ج رَ}} - \text{ك}}\right)$$

والرمز لو يدل على اللوغاريتم المعتاد

ولنطبق ذلك على مثال فنقول

اذا فرض أن بركة ماء شكلها كيف اتفق وتحولت صورتها الى صورة منشورية مساحتها السطحية ٣٦٠٠م٢ وعمقها ٥ر٣م واردها الماء من مجرى تصرف ٩٥ر٠م٣ من الماء في الثانية الواحدة ومنفذ القاع متى كان مفتوحا بتمامه يكون عرضه ١ر١م وارتفاعه ٦ر٠م وأريد معرفة الزمن الذي يتفرغ فيه ماء البركة المذكورة الى ارتفاع ١ر٠م فوق الحرف الاعلى للمنفذ

(وليتنبه على أن القوانين الماضية لا تعطي مقدار زمن الانخفاض الا اذا كان الماء على بعد صغير من الحرف الاعلى للمنفذ)

يقال ان في هذا المثال يكون مقدار أحد الارتفاعين فوق مركز المنفذ حين فتحه هو

ر = ٥ر٣م − $\frac{1}{2}$ × ٦٠ر٠م = ٢٠ر٣م ويكون مقدار الارتفاع الآخر

رَ = ١ر٠م + $\frac{1}{2}$ × ٦٠ر٠م = ٤٠ر٠م ويكون

قط = ١ر١م × ٦٠ر٠م = ٦٦ر٠م٢ و

ق = ٣٦٠٠م٢ و

ك = ٩٥ر٠م٣ و

م = ٧٠ر٠ وحينئذ يكون

م × قط $\sqrt{}$ ٢ح = ٢ر٠٤٦٢ وبوضع المقادير يحدث

$$\text{لو}\left(\frac{\text{م قط}\sqrt{\text{٢ح}}\ \text{ر} - \text{ك}}{\text{م قط}\sqrt{\text{٢ح}}\ \text{رَ} - \text{ك}}\right) = \text{لو}\ \frac{\text{٢ر٧١٠٥}}{\text{٠ر٣٤٤٢}} = \text{٠ر٨٩٦٢}$$

وبوضع المقادير المرقومة بدل الرموز فى معادلة (٨) تصير هكذا

$$\text{نَ} = \frac{\text{٢×٣٦٠٠}}{(\text{٢ر٠٤٦٢})^{\text{٢}}}\left(\text{٢ر٠٤٦٢}\left(\sqrt{\text{٢ر٣}} - \sqrt{\text{٤ر٠}}\right) + \text{٢ر٣٠٣} \times \text{٠ر٩٥} \times \text{٠ر٨٩٦٢}\right)$$

وبالاختصار يحدث

$$\text{نَ} = \text{٧٤٤٢} = \text{٢ ٤ ٢ ساعات}$$

وهو الزمن المطلوب

وفى كثير من الاعمال يتصادف أن الحال التى يوجد فيها الماء أشكالها غير منتظمة كالبرك مثلا فلاجل تطبيق القوانين الماضية يلزم أخذ صورة البركة أعنى رسمها ثم نفرض ان طبقات الماء متوازية ومنقسمة الى أقسام متساوية ارتفاع كل طبقة منها نصف متر تقريبا ثم يؤخذ العرض المتوسط للطبقات المذكورة من القطاع أعنى من الرسم ويضرب فى السمك المعتبر وبهذه الكيفية يتحصل على جملة مناشير موضوع بعضها فوق بعض يلزم لكل منها تعيين الزمن اللازم لتفريغه كما سبق ومجموع هذه الازمان يكون تقريبا هو الزمن اللازم لتفريغ البركة الاصلية المفروضة

فاذا كان التصرف جاريا من مصب حوض وهذا الحوض لا يأتيه ماء يستخرج مقدار الزمن اللازم لتفريغه من هذا القانون (اتكالا على ما سبق)

$$\text{نَ} = \frac{\text{٢ق}}{\text{م ل}\sqrt{\text{٢ح}}}\left(\frac{\text{١}}{\sqrt{\text{رَ}}} - \frac{\text{١}}{\sqrt{\text{ر}}}\right) \qquad (\text{٩})$$

وهنا كمية ق تدل على قطاع الحوض و ر ارتفاع الماء الى الاستواء فى مبدأ الزمن نَ و رَ ارتفاع الماء فى آخر الزمن الماضى و ل عرض المصب و م = ٠ر٦١ .
وتطبيقات هذا القانون لا صعوبة فيها

ولنشتغل الآن بالحالة التى يكون فيها ماء حوض تسيل فى حوض آخر بواسطة منفذ

مفتوح

مفتوح تحت الماء الموجود فى الحوض الثانى ففى هذه الحالة بعد قوانين توازن السائلات يحصل من ماء الحوض الثانى مقاومة للسيلان تساوى للقوة التى تجعله يسيل من نفسه لو كان الحوض الاول خاليا من الماء ومن هنا يظهر ان ماء الحوض الاول لا ينصب فى الحوض الثانى الا بفرق القوتين

وحيث ان القوة المتعلق بها السيلان مساوية لارتفاع الماء فى الحوض فوق مركز المنفذ فاذا فرض ان ر ارتفاع ماء الحوض الاول فى لحظة معلومة وأن

رَ ارتفاع ماء الحوض الثانى فى نفس تلك اللحظة المعلومة فسرعة السيلان تكون منسوبة الى التفاضل بين الارتفاعين فى اللحظة المذكورة أعنى أن السرعة

$$س = \sqrt{٢ ج (ر - رَ)}$$

ومن هنا يظهر انه متى مر ماء من حوض الى حوض آخر بواسطة منفذ تحت ماء الحوض الثانى فالارتفاع الموجب لسرعة خروج الماء من المنفذ فى لحظة من الزمن هو التفاضل بين ارتفاع الماء فى الحوض الاول وارتفاع الماء فى الحوض الثانى

وهذه الطريقة على ثلاث حالات مختلفة الحالة الأولى أن يكون استواء الماء تقريبا واحدا مدة الصرف والحالة الثانية أن يكون استواء الماء فى الحوض الاول ثابتا وفى الحوض الثانى متغيرا والحالة الثالثة أن يكون استواء الماء متغيرا فى كل من الحوضين ولنوضح قوانين كل من الثلاث حالات فنقول

(الحالة الأولى)

ان كان استواء الماء فى الحوضين ثابتا تكون السرعة كذلك وتكون مساوية الى

$$\sqrt{٢ ج (ر - رَ)}$$

فاذا فرض أن قط قطاع المنفذ و م معامل الاندماج يكون مقدار التصرف فى وحدات الزمن

$$تص = م \; قط \sqrt{٢ ج (ر - رَ)}$$

والتجربة دلت على انه يمكن اعتبار م = ٠٫٦٢٥ وبجعل ر − رَ = رً يحدث

$$تص = ٠٫٦٢٥ \; قط \sqrt{٢ ج رً}$$

(الحالة الثانية)

اذا كان استواء الماء فى الحوض الاول ثابتا وفى الحوض الثانى متغيرا فالماء المرتفع فى الحوض الثانى بالتوالى يجعل الارتفاع يتزايد وبناء على ذلك تنقص سرعة خروج الماء من الحوض الاول فهذه الحالة يمكن أن تؤول الى الحالة التى فيها ماء الحوض ينصب فى الهواء لان السرعة تكون منتظمة التحرك القهقرى

لكن المشاهد أن النتيجة بالعكس أعنى أن استواء ماء الحوض الثانى يكون مدفوعا من أسفل الى أعلى بقوة متناقصة على التوالى ومساوية فى كل لحظة الى فرق ارتفاع الماء فى الحوضين

فاذا رمزنا بالحرف ر الى فرق التوازن فى حال الاصل وبالحرف رَ الى هذا الفرق بعد مضى الزمن هَ فيكون

$$\text{هَ} = \frac{\text{٢ ق}}{\text{م قط}\sqrt{\text{٢ ج}}}\left(\sqrt{\text{ر}} - \sqrt{\text{رَ}}\right)$$

وهذا الرمز ق هو القطاع الافقى للحوض الجارى ملؤه و قط هى مساحة قطع المنفذ

وحيث ان سيلان الماء ينقطع حينما ينعدم فرق الارتفاعين فلو فرض أن ه رمز زمن ملء الحوض الثانى يحدث

$$\text{ه} = \frac{\text{٢ ق}}{\text{م قط}\sqrt{\text{٢ ج}}}\sqrt{\text{ر}} \qquad (١١)$$

وفى كثير من الاعمال خصوصا فى تحرك المياه فى الخلجان تستعمل هذه القوانين الماضية انما يلزم أن يكون اعتبار معامل الاندماج م = ٦٢٥ ر٠ متى كان التصرف بواسطة منفذ واحد فقط و م = ٥٤٨ ر٠ فى حالة وجود منفذين وفى حالة وجود المنافذ الموجودة فى أبواب الهاويسات

ثم ان مسألة امتلاء الهاويسات تنقسم الى قسمين أولهما ان الماء الموجود فى الخليج الاعلى يبتدئ فى السيلان من دون أن تعارضه مقاومة وذلك عندما تفتح فتحات الابواب وحينئذ يعلى جزء من الهاويس المنصب فيه حتى يرتفع الى ارتفاع منافذ الابواب

ومن

ومن ابتداء هـذا الوقت تبتدئ المقاومات فيلزم حينئذ حساب امتـلاء الحوض الى ارتفـاع مركز المنفذ بواسطة المعادلة التى شرحناها فى حالة انصباب المـاء فى الهواء وثانيهما الزمن ابتداء هـذه اللحظة الى أن يصـل المـاء الى ارتفـاع ماء الخليج بحسب بواسطة قانون (١١)

(الحـالة الثالثة)

اذا كان ارتفـاع المـاء فى الحوضين متغيرا كما لو كان الحوضان متصلين ببعضـهما ولا يصـل للحوض الاول ماء مستجد والحوض الثانى يحفظ المـاء الواصل اليه من الاول فارتفاع ماء الحوض الثانى يتزايد على التوالى وارتفاع ماء الحوض الاول يتناقص تبعا لذلك ويستمر السيلان الى أن يصير ارتفاع المـاء (أى استواؤه فى الحوضين) واحدا

مثلا اذا فرض ان ع و عَ القطاعان الافقيان للحوضـين وان قط رمز لسطح المنفـذ أو للقطاع العرضى للوصل وأن س ارتفاع ماء الحوض الاول بعد المدة هَ من السيلان وان ارتفاع المـاء فى الحوض الثانى بعد المدة المذكورة ص فبعد اللحظة الصغيرة فا هَ التى تعقب الزمن هَ يرتفع المـاء فى الحوض الثانى بالـكمية فاص وينخفض فى الحوض الاول بالـكمية فاس وحينئذ يكون مقدار المـاء الضائع من الحوض الاول ع × فاس ويكون مقدار الماء الزائد فى الحوض الثانى عَ × فاص وحيث ان هاتين الـكميتين متساويتان يحدث

ع فاس = عَ فاص (١)

لأن كمية س تنقص متى زاد كل من الـكميتين ص و هَ ومن حيث ان فى المدة الصغـيرة فاهَ يمكن اعتبار الاستواء كأنه ثابت فيكون

عَ فاص = م قط √(٢ د (س − ص)) × فاهَ وأخيرا يصير

ع فاس = − م قط √(٢ د (س − ص)) × فاهَ (٢)

فاذا أخذ تـكامل معادلة (١) بفرض أن س = ر و ص = رَ يحدث

ع س + عَ ص = ع ر + عَ رَ ومنها يستخرج

$$ص = \frac{ق ر + قَ رَ - ق سہ}{قَ}$$

وبوضع مقدار ص فى معادلة (٢) وأخذ تكامل الناتج وتعيين الكمية الثابتة بهذا الشرط وهو أن سہ = ر متى كان ﮬ = ٠ يحدث

$$ﮬ = \frac{٢ ق \sqrt{قَ}}{م\ قط\ (ق + قَ) \sqrt{٢ ح}} \times$$

$$\left(\sqrt{قَ\ (ر - رَ)} - \sqrt{(ق + قَ)\ سہ - ق\ ر - قَ\ رَ}\right) \quad (١٢)$$

فلو أردنا معرفة الزمن اللازم لأجل ان الماء يصير فى استواء واحد فى الحوضين نجعل فى معادلة (١٢)

$$سہ = ص = \frac{ق ر + قَ رَ}{ق + قَ}$$ فتؤل الى

$$ﮬ_١ = \frac{٢ ق قَ \times \sqrt{ر - رَ}}{م\ قط\ (ق + قَ) \sqrt{٢ ح}} \quad (١٣)$$

وفى التطبيقات العملية يجعل م عددا يكون دائرا بين ٠,٦٢ ر٠ و ٠,٧٠٩ ر٠

ولنذكر هنا جدولا يبين فيه ثقل المتر المكعب بالكيلوجرام تقريبا لبعض أنواع السائلات وغيرها المقتضى استعمالها فى الاشغال وهاك صورته

أسماء المواد	ثقل المتر المكعب بالكيلوجرام من كيلوجرام	كيلوجرام	الى كيلوجرام
الماء القطر وماء المطر		١٠٠٠	
ماء الأنهر تقريبا		١٠٠٠	
ماء الآبار	١٠٠٠		١٠١٤
ماء البحر المالح	١٠٢٨		١٠٤٤
زيت الكتان		٩٧٠	
زيت النفض		٩١٩	
روح العرقى		٨٣٧	
زئبق مائع		١٣٥٦٠	
حديد مسبح		٧٢٠٣	
رصاص مسبح		١١٤٣٦	
قصدير مسبح		٧١١٣	
ذهب نقى مصبوب أو مسبح		١٩٠٥٦	
فضه نقيه مصبوبه أو مسبحه		١١٤٩٤	
نحاس أحمر صب أو مسبح		٧٧٨٣	
شرحه أصفر سلوك		٨٥٤٠	
شرحه أصفر مسبح		١٢٦٧٤	
حجر الجبص المعتاد		٢١٦٨	
جبص ناعم		٢٢٦٤	
حجر الطواحين		٢٤٨٤	
رخام ابيض واسود		٢٧١٧	
طوب جيد الاستواء		٢٢٠٠	
شرحه قليل الاستواء		١٥٠٠	
رمال نقية		١٩٠٠	

أسماء المواد	ثقل المتر المكعب بالكيلوجرام من كيلوجرام	كيلوجرام	الى كيلوجرام
رمال مع أتربة		١٧٠٠	
أتربة خفيفة حادثة من البناء		١٤٠٠	
أتربة طينيه		١٦٠٠	
أتربة ابليزية		١٩٠٠	
مونة من جير ورمل	١٨٥٦		٢١٤٢
مونة من جير وحمرة	١٦٥٦		١٧١٣
حجر آلة رخو	١١٤٢		١٧١٣
حجر آلة صلب	١٧٤٣		٢٧١٣
حجر صوان	٢٣٥٦		٢٩٥٦
فحم حجري	٩٤٢		١٣٢٨
بناء من مونة وطوب		١٨٧٠	
بناء من الدبش المعتاد	١٧٠٠		٢٣٠٠
بلوط قريب القلب		١١٧٠	
بلوط خفيف ناشف		٨٥٠	
ذهب أبيض أو بلاتين		٢١٠٣٩	
جير حي عند خروجه من الكوشه	٨٠٠		٨٥٧
جير مطفأ ومحال الى عجينة	١٣٢٨		١٤٢٨
حديد مطرق		٧٧٨٣	
فولاذ مسقي		٧٨١٣	
فولاذ بدون سقي		٧٨٢٩	
روح توتيا	٧٢٨٧		٨٤٧٩

ملحوظة

(ملحوظة تخص الجذور)

يمكن استخراج جذر عدد ليس مربعا كاملا وتقريبه من مقداره الحقيقي بقدر ما يراد بعدة طرق ولنذكر الطريقة السهلة من ذلك وهى

أن نفرض أن ه عددما وأن ح جذره التقريبي بحيث ان ص يكون كسرا فيحدث

$$\sqrt[م]{ه} = ح + ص \qquad (١) \quad ومنها$$

$$ه = (ح + ص)^{م}$$

ويتسلسل هذا المقدار بطريقة نوتون يحدث

$$ه = ح^{م} + م\,ح^{م-١} \times ص + \frac{م(م-١)}{١ \times ٢} ح^{م-٢} \times ص^{٢} + خ \quad ومن هنا يحدث$$

$$٠ = ح^{م} - ه + م\,ح^{م-١} \times ص + \frac{م(م-١)}{١ \times ٢} ح^{م-٢} \times ص^{٢} + خ$$

وبحذف جميع المقادير المشتملة على ص بدرجة أعلى من الدرجة الأولى يحدث

$$٠ = ح^{م} - ه + م\,ح^{م-١} \times ص \qquad ومنها يستخرج$$

$$ص = \frac{ه - ح^{م}}{م\,ح^{م-١}}$$ وبوضع مقدار ص عوضا عنه فى المعادلة (١) يحدث

$$\sqrt[م]{ه} = ح + \frac{ه - ح^{م}}{م\,ح^{م-١}} \qquad (١)$$

وهذا هو القانون المطلوب ولنطبق ذلك على مثال فنقول

المطلوب استخراج الجذر التربيعي لعدد ٢ لذلك نضع ه = ٢ وم = ٢

ونفرض أن المقدار التقريبي لجذر ٢ هو ١٫٤ يكون ح = ١٫٤

وبوضع المقادير فى قانون (١) يحدث

$$\sqrt{٢} = ١٫٤ + \frac{٢ - (١٫٤)^{٢}}{٢(١٫٤)^{٢-١}} = ١٫٤١٤٢$$

فاذا فرضنا ان ح = ١٫٤١٤ ووضعنا المقادير فى قانون (١) يحدث

$$\sqrt{2} = 1.414 + \frac{2-(1.414)^2}{2\,(1.414)} = 1.4142135$$

وهذا المقدار صحيح الى سابع خانة اعشارية فلو وضعناه وضاعن ح هذا المقدار الاخير فى قانون (١) يقرب جذر عدد ٢ كثيرا من الحقيقة

والجدولان الآتيان يبينان مقدار الجذور التربيعية والجذور التكعيبية للاعداد الاصمة المقتضى استخراج جذورها مقربا بعشر خانات اعشارية

(أولهما جدول الجذور التربيعية)

عدد أصم	الجذر التربيعى وهو ضلع المربع تقريبا
$\sqrt{2}$	= ١٫٤١٤٢١٣٥٦٢٤
$\sqrt{3}$	= ١٫٧٣٢٠٥٠٨٠٧٦
$\sqrt{5}$	= ٢٫٢٣٦٠٦٧٩٧٧٥
$\sqrt{6}$	= $\sqrt{2}\times\sqrt{3}$ = ٢٫٤٤٩٤٨٩٧٤٢٨
$\sqrt{7}$	= ٢٫٦٤٥٧٥١٣١١١
$\sqrt{8}$	= $\sqrt{4}\times\sqrt{2}$ = ٢٫٨٢٨٤٢٧١٢٤٧
$\sqrt{10}$	= $\sqrt{5}\times\sqrt{2}$ = ٣٫١٦٢٢٧٧٦٦٠١

(ثانيهما جدول الجذور التكعيبية)

عدد أصم	الجذر التكعيبي وهو ضلع المكعب تقريبا
$\sqrt[٣]{٢}$	= ١٫٢٥٩٩٢١٠٤٩٩
$\sqrt[٣]{٣}$	= ١٫٤٤ ٢٢٤٩٥٧٠٣
$\sqrt[٣]{٤}$	= $\sqrt[٣]{٢} \times \sqrt[٣]{٢}$ = ١٫٥٨٧٤٠١٠ ٥٢٠
$\sqrt[٣]{٥}$	= ١٫٧٠٩٩٧٥٩٤٦٧
$\sqrt[٣]{٦}$	= $\sqrt[٣]{٣} \times \sqrt[٣]{٢}$ = ١٫٨١٧١٢٠٠٥٩٢٨
$\sqrt[٣]{٧}$	= ١٫٩١٢٩٣١١٨٢٨
$\sqrt[٣]{٩}$	= $\sqrt[٣]{٣} \times \sqrt[٣]{٣}$ = ٢٫٠٨٠٠٨٣٨٢٣٠
$\sqrt[٣]{١٠}$	= $\sqrt[٣]{٢} \times \sqrt[٣]{٥}$ = ٢٫١٥٤٤٣٤٦٩٠٠

(في الكلام على تقسيم السطوح)

من المهم عملية تقسيم السطوح مثل سطوح أراضي المزارع والمنازل والاقمشة والاخشاب وغير ذلك وغايتها اعطاء كل واحد من الشركاء أو الورثة استحقاقه بالنسبة لمن معه وهي تستعمل كثيرا عند المساحين

ثم ان تلك العملية اما أن تكون بالتساوي أو بالتكافؤ أو بنسبة معلومة

اما التساوي فمعناه انطباق سطحين على بعضهما كأن يقال مثلا ان مثلثا يساوي لآخر فيعلم من ذلك انهما ينطبقان على بعضهما

واما التكافؤ فمعناه تساوي سطحين مساحة ولا ينطبقان على بعضهما كأن يقال

مثــلا ان مثلثا يكافئ دائرة فيعلم من ذلك أنهما متساويان مساحة فقط ولا ينطبقان على بعضهما

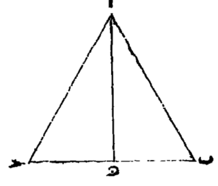
وأما النســبة المعلومة فمعناها أن احــد السطحين يكون قدر الآخر مرتين أو أكثر فان قيــل مثلا ان نسبة سطح الى آخر كنســبة كمية م = ١ الى ه = ٣ فيعلم من ذلك ان السطح الثاني قدر الاول ثلاث مرات

وحيث ان سطوح الارض المشاعــة التي يراد تقسيمها يمكن تجزئتها الى أشكال واعطاء جانب منهــا الى أحــد الشركاء من اصــل استحقاقه وما يبقى يعطى له من شكل ثلاثي أو رباعي فحينئذ وجب علينا أن نشرح عــدة مسائل من تقسيم الشــكل الثلاثي والشــكل الرباعي الذي أنواعه خمسة فنقول

(في أنواع تقسيم الشــكل المثلثي وفيه مسائل)

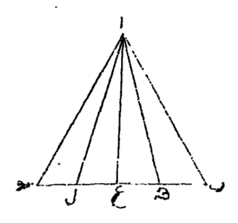
(المسألة الاولى)

المطلوب تقسيم مثلث ا ب ح معلوم الى قسمين متساويين بمستقيم يمر من احدى زواياه ا



جواب ذلك أن نقسم قاعــدته ب ح الى قسمين ب ه و ه ح متساويين ونصل من زاوية ا الى نقطة التقسيم ه فالمثلثان الحادثان ا ب ه و ا ه ح هما المطلوبان لان قاعدة كل منهــما واحــدة وارتفاعهما واحد أيضا

(تنبيه)



اذا قسمت قاعدة المثلث المذكورة ب ح الى أقسام متساوية بالنقط ه و ع و ل أعني ان قسم ب ه = ه ع = ع ل = ل ح ووصل من نقط التقاسيم المذكورة الى رأسه بالمستقيمات ا ه و ا ع , ا ل ينقسم المثلث المذكــور الى أربعة أقسام متكافئة أعني أن

مثلث ا ب ه = ا ه ع = ا ع ل = ا ل ح

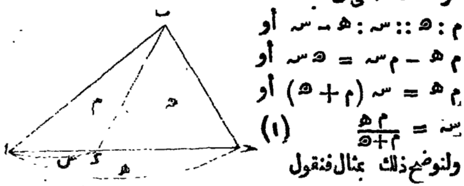
المسألة

(المسألة الثانية)

المطلوب تقسيم مثلث ا ب ح معلوم الى قسمين بشرط أن تكون النسبة بينهما كنسبة عددين م و ه معلومين بمستقيم يمر من احدى زواياه كزاوية ب

جواب ذلك أن نقسم قاعدة المثلث وهى ا ح = ه الى قسمين مناسبين للعددين م و ه المعلومين بنقطة ء فالمستقيم ب ء الواصل من نقطة التقسيم ء الى رأسه ب يكون هو القاسم المطلوب

وبواسطة الحساب يمكن ايجاد مقدار البعد المجهول ا ء = س من المثلثين ا ء ب و ب ء ح المتحدى الارتفاع اللذين نسبتهما الى بعضهما كنسبة قواعدهما أعنى ان نسبة



م : ه :: س : ه ـ س أو

م ه ـ م س = ه س أو

م ه = س (م + ه) أو

س = $\frac{\text{م ه}}{\text{م + ه}}$ (١)

ولنوضح ذلك بمثال فنقول

اذا فرض ان م = ٥ و ه = ٩ ومقدار قاعدة المثلث ه = ٣٦ مترا يحدث بوضع المقادير المذكورة فى قانون (١) بدل الرموز

س = $\frac{٣٦ \times ٥}{١٤}$ أو

س = ١٢ ر ٨٥ مترا وحينئذ يكون الباقى من قاعدة المثلث

ح ء = ٢٣ ر ١٥ مترا فيكون مجموع القاعدة

ه = ٣٦ ر ٠٠

(تنبيه)

اذا قسم مقدار القاعدة وهو ٣٦ مترا على العدد ١٤ الذى هو مجموع العددين المعلومين م و ه نتج العدد ٢ ر ٥٧١٤ فلو ضرب هذا العدد ٢ ر ٥٧١٤ فى العدد م = ٥ أعنى ٢ ر ٥٧١٤ × ٥ ينتج البعد ١٢ ر ٨٥ مترا المطلوب فحينئذ يكون الباقى من قاعدة المثلث هو ٢٣ ر ١٥

(المسألة الثالثة)

المطلوب تقسيم مثلث ا ب ح معلوم الى ثلاثة أقسام متناسبة الى ثلاث كميات م و ه و ع معلومة بمستقيمين يمران من احدى زواياه ب

جواب ذلك أن نقسم قاعدته ا ح = ن الى ثلاثة أقسام متناسبة للثلاث كميات م و ه و ع المعلومة بنقطتي ه و ى ونصل من نقطة ب رأس المثلث الى نقطتي التقسيم ه و ى بمستقيمين فتحدث الثلاثة أقسام المطلوبة

ويمكن بواسطة الحساب ايجاد مقدار البعد ا ى = س من هذا التناسب

$$\text{م} : \text{ع} + \text{ه} :: \text{س} : \text{ن} - \text{س} \quad \text{أو}$$

$$\text{م ن} - \text{م س} = \text{س ع} + \text{س ه} \quad \text{أو}$$

$$\text{م ن} = \text{س} (\text{م} + \text{ع} + \text{ه}) \quad \text{أو}$$

$$\text{س} = \frac{\text{م ن}}{\text{م} + \text{ه} + \text{ع}}$$

وكذلك يمكن ايجاد مقدار البعد ه ى = ص من هذا التناسب

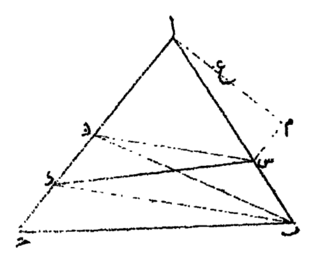
$$\text{ه} : \text{م} + \text{ع} :: \text{ص} : \text{ن} - \text{ص} \quad \text{أو}$$

$$\text{ه ن} = \text{ص} (\text{م} + \text{ع} + \text{ه}) \quad \text{أو}$$

$$\text{ص} = \frac{\text{ه ن}}{\text{م} + \text{ع} + \text{ه}}$$

(المسألة الرابعة)

المطلوب تقسيم مثلث ا ب ح معلوم الى قسمين متكافئين بمستقيم يمر من نقطة ى معلومة على أحد اضلاعه كالضلع ا ح



جواب ذلك أن نصل المستقيم ء ب ثم ننصف ضلع المثلث ا ح بنقطة ه ثم نرسم منها مستقيما ه س موازيا الى ء ب فيقطع ضلع ا ب فى نقطة س وأخيرا نصل المستقيم ء س فيكون هو القاسم المطلوب

وذلك لأن مثلث ب ح ه = ½ ا ب ح بالعمل (١)

وان مثلث ه ب ء = ب س ء وباضافة مثلث ب ح ء على كل من الطرفين أعنى ب ح ء = ب ح ء يكون

المثلث ب ح ه = الشكل س ب ح ء (٢)

ومن قانونى (١) و (٢) يحدث

½ ا ب ح = شكل س ب ح ء

(طريقة أخرى سهلة لحل هذه المسألة)

وهى أن نرمز بالحرف ه الى نصف مساحة المثلث ا ب ح المعلومة من رأس المسألة ثم نبحث عن مقدار ارتفاع ع للمثلث س ء ا المعتبرة قاعدته ا ء من هذا القانون

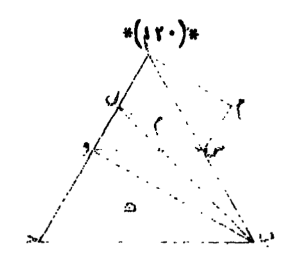
ه = ½ ا ء × ع أو

ع = ه ÷ ½ ا ء

ولاجل تعيين موضع نقطة س على ضلع ا ب نقيم من نقطة ا عمود ا م بمقدار ع على ضلع ا ح ثم نرسم من نقطة م مستقيم م س يوازى ضلع ا ح فيقطع ضلع ا ب فى نقطة س المطلوب ايجادها والمستقيم س ء الواصل منها الى النقطة ء المعلومة يكون هو القاسم المطلوب

(المسألة الخامسة)

المطلوب تقسيم مثلث ا ب ح معلوم الى قسمين بشرط أن تكون نسبتهما الى بعضهما كنسبة م : ه بمستقيم يمر من نقطة و معلومة على احد أضلاعه كالضلع ا ح



جواب ذلك أن نقسم ضلع ا ح الى قسمين مناسبين لكميتى م و ه المعلومتين بنقطة ل ثم نصل المستقيم و ب ومن نقطة ل نرسم مستقيم ل س موازيا الى و ب فيقطع ضلع ا ب فى نقطة س المطلوب ايجادها فاذا وصلنا منها الى نقطة و بمستقيم س و يكون هو القاسم المطلوب

وذلك لانا اذا وصلنا المستقيم ل ب يكون نسبة

ا ب ل : س ب ح و :: ا ل : ل ح :: م : ه وحيث ان مثلث ا ب ل = ا س و يكون ا س و : س ب ح و :: م : ه والسبب فى ان مثلث ا ب ل = ا س و هو ان مثلث ب س ك = ك ل و وذلك لان

مثلث ل س ب = ل س و وبطرح المثلث ل س ك المشترك منهما أعنى

ـ ل س ك = ـ ل س ك يكون الباقى

ب س ك = ك ل و

فاذا طرحنا من المثلث ا ب ل مثلث ب س ك يكون الباقى الشكل الرباعى ا س ك ل وباضافة مثلث ك ل و على هذا الشكل الرباعى يكون المجموع ا س و فينتج من ذلك ان مثلث ا ب ل = ا س و

ويمكن ايجاد البعد ا س بالحساب اذا لم يمكن رسم المستقيم ل س لوجود مانع من هذا القانون

ا س : ا ب :: ا ل : ا و أو

$$ا س = \frac{ا ب \times ا ل}{ا و} \qquad (١)$$

ثم

ثم نستخرج مقدار ا ل من الشكل من هذا التناسب

$$\frac{ال}{اح} = \frac{م}{م+ه}$$ أو

$$ا ل = \frac{اح \times م}{م+ه}$$ وبوضع مقدار $\frac{اح \times م}{م+ه}$ عوضاً عن مساويه ا ل في معادلة (١) تؤل الى

$$ا س = \frac{\frac{م \times ا ح}{م+ه} \times ا ب}{ا و}$$

(طريقة أخرى سهلة لحل هذه المسألة)

وهي ان نرمز بالحرف ه الى نصف مساحة المثلث ا س و المعلومة من رأس المسألة ثم نبحث عن مقدار الارتفاع ع للمثلث ا س و المذكور المعتبرة قاعدته ا و من هذا القانون

$$ه = \tfrac{1}{2} ا و \times ع$$ أو

$$ع = \frac{ه}{\tfrac{1}{2} ا و}$$

ولاجل تعيين موضع نقطة س على ضلع ا ب نقيم من نقطة ا عمود ا م بمقدار ع على ضلع ا ح ثم نرسم من نقطة م مستقيم م س يوازي ضلع ا ح فيقطع ضلع ا ب في نقطة س المطلوب ايجادها فالمستقيم س و الواصل منها الى النقطة و المعلومة يكون هو القاسم المطلوب

(المسألة السادسة)

المطلوب تقسيم مثلث ا ب ح المعلوم الى ثلاثة أقسام متكافئة بمستقيمين يمران من نقطة و المعلومة على أحد أضلاعه ا ح جواب ذلك ان نفرض ان ح مساحة أحد الاقسام الثلاثة المتساوية أعني ان ع = $\tfrac{1}{3}$ ا ب ح وحيث انه يمكن اعتبار

تذكره

١٦

أحد الاقسام مثلثا قاعدته البعد و ح المعلوم ومساحته ح المعلومة فيستخرج ارتفاعه ع من هذا القانون

$$ع = \frac{ح}{\frac{1}{2} و ح}$$

ولاجل تعيين موضع المثلث ح و لَ يقام من نقطة ح عمود ح ل = ع ثم يرسم من نقطة ل مستقيم ل لَ موازيا للقاعدة و ح فيقطع ضلع ب ح فى نقطة لَ ثم يوصل المستقيم لَ و فيكون هو أحد المستقيمين القاسمين المطلوبين ويكون مثلث ح لَ و هو القسم الاول ولاجل ايجاد القسم الثانى نعتبر انه مثلث وحينئذ تكون قاعدته ا و معلومة ومساحته ح معلومة أيضا فيستخرج ارتفاعه عَ من هذا القانون

$$عَ = \frac{ح}{\frac{1}{2} ا و}$$

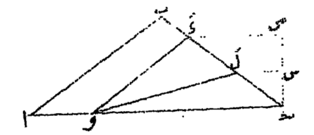
ولاجل تعيين موضع هذا المثلث يقام من نقطة ا عمود ا ء = عَ ويرسم من نقطة ء مستقيم ء ءَ موازيا للقاعدة و ا فيقطع ضلع ا ب فى نقطة ءَ ثم يوصل المستقيم ءَ و فيكون هو المستقيم القاسم الثانى المطلوب ويكون المثلث ءَ و ا هو القسم الثانى المطلوب وحينئذ يكون الشكل الرباعى ب لَ و ءَ الباقى من المثلث المفروض هو القسم الثالث المطلوب

(تنبيه)

قد تحصل القسمة بتوصيل المستقيم و ب ثم يطرح من المثلث و ب ح الحادث أو تضم عليه الكمية الزائدة أو الباقية حتى يكون الناتج مساويا الى المساحة ح المعلومة وبهذا ينتج القسم الاول وعلى قياس ذلك يفعل فى المثلث ا و ب الآخر فينتج القسم الثانى وما يبقى من المثلث ا ب ح المفروض يكون هو القسم الثالث

(ملحوظة)

اذا كان وضع النقطة و المعلومة قريبا من زاوية ا كما فى هذا الشكل



يكون

يكون كل من المستقيمين و لَ , و ءَ القاسمين قاطعا ضلع ب ح في نقطتي لَ , ءَ

وطريقة ايجاد موضع كل من نقطتي لَ , ءَ المذكورتين ان يجعل البعد و ح

قاعدة مشتركة لكل من المثلثين ح و لَ , ح و ءَ ويستخرج أولا الارتفاع

ح س للمثلث ح و لَ الذي مساحته ثلث مساحة المثلث المفروض اعني ان ح و لَ

= ع كما تقدم وثانيا يستخرج الارتفاع ح ص للمثلث ح و ءَ الذي مساحته ثلثا

مساحة المثلث المفروض أعني ان ح و ءَ = ٢ ع كما تقدم وأخيرا يكون الشكل

الرباعي ءَ و ا ب الباقي من المثلث المفروض هو القسم الثالث المطلوب

(طريقة أخرى سهلة لحل هذه المسألة)

وهي ان نقسم قاعدة ا ح للمثلث ا ح ب المفروض الى ثلاثة أقسام متساوية ونصل من النقطة و المفروضة الى نقطة ب رأس المثلث بالمستقيم و ب ونرسم مستقيمي ا ل , ٢ ء موازيين الى المستقيم و ب فيقطعان ضلع ح ب في النقطتين ل و ء

فلو وصلنا مستقيمي و ل و و ء لكانا القاسمين المطلوبين .. لانا اذا وصلنا مستقيم ا ب يحدث مثلث

ا ب ل = ا ل و

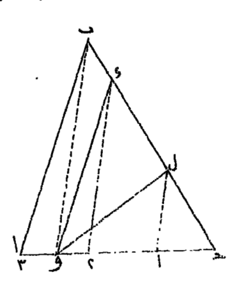
وباضافة مثلث ا ح ل على كل من الطرفين أعني

$$\frac{\text{ا ح ل = ا ح ل}}{\text{ا ح ب = ح ل و}} \quad \text{يحصل}$$

وحيث ان الطرف الاول ا ح ب = $\frac{1}{3}$ المثلث المفروض بالعمل يكون الطرف الثاني

ح ل و = $\frac{1}{3}$ المثلث المفروض

وفي حالة ما اذا كان محل وضع النقطة نقطة و المعلومة قريبا من زاوية ا تكون صورة الشكل هكذا



ومتى أردنا العمل على الارض في هذه الحالة نرمز الى البعد اء بالحرف س ثم يقاس البعد ١و ، ١٢ الذي هو $\frac{1}{3}$ الضلع المعلوم ثم نقسم ضلع اب الى قسمين متناسبين الى ١و ، ٢١ فيحدث

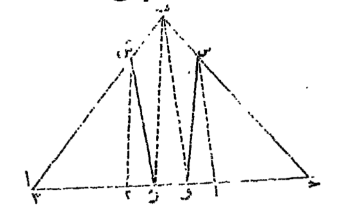
$$\frac{١و}{اب} = \frac{\frac{1}{3} اح}{س}$$ أو

$$س = \frac{اب \times \frac{1}{3} اح}{او}$$

وبمثل ذلك يعلم بعد حل

(المسألة السابعة)

المطلوب تقسيم مثلث اب ح المعلوم الى ثلاثة أقسام متكافئة بمستقيمين يمران من نقطتين معلومتين و فا و على احد أضلاعه كالضلع اح



جواب ذلك أن نصل مستقيمي وَب و وَب ثم نقسم الضلع اح الى ثلاثة أقسام متساوية بنقطتي ١ و ٢ ثم نرسم من نقطة ١ مستقيم ١س موازيا المستقيم وب فيقطع ضلع حب في نقطة س المطلوبة

وأخيرا نصل مستقيم س و فيكون هو أحد المستقيمين القاسمين المطلوبين

وبمثل ذلك نرسم من نقطة ٢ مستقيم ٢سَ موازيا الى مستقيم وَب فيقطع ضلع

ضلع اب في نقطة سَ ثم نصل مستقيم وَسَ فيكون هو القاسم الثاني المطلوب لانا لو وصلنا المستقيم ا ب يحدث مثلث

ا س و = ا س ب وباضافة مثلث ا ح س على كل من الطرفين أعني

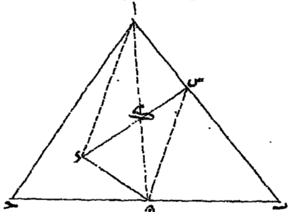
ا ح س = ا ح س
ح س و = ح ب ا يحدث

وحيث ان الطرف الثاني ح ب ا هو ½ المثلث ا ب ح المفروض يكون الطرف الاول ح س و كذلك

وبمثل ذلك يبرهن على القسم الثاني ا وَسَ

(المسألة الثامنة)

المطلوب تقسيم مثلث ا ب ح المعلوم الى قسمين متكافئين من نقطة ء المعلومة داخله



جواب ذلك أن نصل من النقطة ء المعلومة الى زاوية ا بمستقيم ا ء وننصف الضلع ب ح بنقطة ه ونرسم منها مستقيم ه س موازيا لمستقيم ا ء فيقطع ضلع ا ب في نقطة س ثم نصل مستقيمي ء ه وَ ء س يكونان محددين للقسمين المتكافئين

لانه لو وصل المستقيم ا ه يحدث مثلث

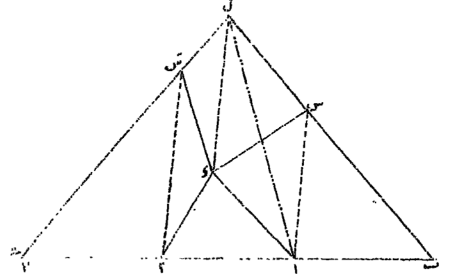
ا س ه = ه س ء وباضافة مثلث ب س ه على كل من الطرفين أعني

ب س ه = ه س ب
ا ب ه = ب س ء ه يحدث

وحيث ان الطرف الاول ا ب ه = ½ المثلث المفروض ا ب ح عملا يكون الطرف الثاني كذلك

(المسألة التاسعة)

المطلوب تقسيم مثلث ل ب ح المعلوم الى ثلاثة أقسام متكافئة من نقطة ى المعلومة داخله بشرط أن كلا من الثلاثة أقسام يكون له نصيب من قاعدة المثلث بحق الثلث



جواب ذلك أن نصل من النقطة ى المعلومة الى رأس المثلث ل بالمستقيم ى ل ثم نقسم قاعدته ب ح الى ثلاثة أقسام متساوية بنقطتى ١ و ٢ ثم نرسم من نقطة ١ مستقيم ١ س موازيا الى ى ل فيقطع ضلع ل ب فى نقطة س ثم نصل منها الى نقطة ى بالمستقيم س ى وكذا نصل المستقيم ١ ى فيكون الشكل ١ ب س ى هو أحد الاقسام الثلاثة المطلوبة ويمثل ذلك نرسم من نقطة ٢ مستقيم ٢ سَ موازيا الى ل ى فيقطع ضلع ل ح فى نقطة سَ ثم نصل منها الى نقطة ى بالمستقيم سَ ى فيكون الشكل ىَ س ٢ ح هو القسم الثانى المطلوب وحينئذ يكون الباقى من المثلث المفروض هو القسم الثالث المطلوب لانه اذا وصل المستقيم ل ١ يحدث مثلث

س ل ١ = س ى ١ وباضافة مثلث ١ س ب على كل من الطرفين أعنى

ا س ب = ا س ب
ب ل ١ = س ى ١ ب
يحدث

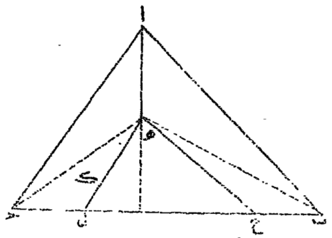
وحيث

وحيث ان الطرف الاول ب ل ا = $\frac{١}{٣}$ المثلث ل ب حـ المعلوم يكون الطرف الثانى س ء ا ب كذلك وبمثل ذلك يبرهن على القسم الثانى حـ ٢ ء س وعلى حسب وضع النقطة المعلومة فى داخل المثلث تتنوع صورة شكل الاقسام الثلاثة المطلوبة

(المسألة العاشرة)

المطلوب تقسيم مثلث ا ب حـ المعلوم الى ثلاثة أقسام متكافئة بثلاثة مستقيمات تمر من نقطة هـ المعلومة داخله بشرط ان المستقيم الواصل من النقطة هـ المعلومة الى احدى زواياه يكون حدا بين قسمين من الثلاثة أقسام المطلوبة

جواب ذلك أن نفرض ان ح مساحة أحد الاقسام الثلاثة فيكون ح = $\frac{١}{٣}$ ا ب حـ ثم نفرض ان المستقيم هـ ا هو حد بين قسمين ونصل مستقيم هـ حـ ثم نستخرج



مساحة المثلث ا هـ حـ الحادث ونقارنها بكمية ح المعلومة فان كانتا متساويتين كان مثلث هـ حـ ا أحد الاقسام الثلاثة المطلوبة

وان كان المثلث هـ حـ ا أصغر من كمية ح بكمية ولتكن ك فنضيف عليه مثلث هـ حـ ل = ك ونستخرج قاعدة حـ ل للمثلث ك من هذا القانون

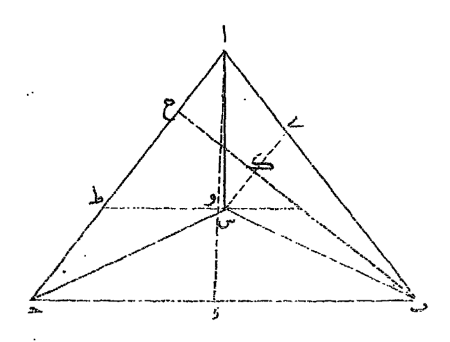
$$حـ ل = \frac{ك}{\frac{١}{٢} هـ ص}$$

وبعد معرفة موضع نقطة ل من القانون المذكور يوصل المستقيم هـ ل فالشكل ا هـ ل حـ الحادث يكون هو أحد الاقسام الثلاثة المطلوبة

ويمثل ذلك بوصل المستقيم ه ب ويقارن المثلث ا ب ه الحادث بكمية ع وأخيرا يحدث الشكل ا ب ع ه فيكون هو القسم الثاني وحينئذ يكون الشكل ه ع ل الباقي هو القسم الثالث المطلوب

(المسألة الحادية عشرة)

المطلوب ايجاد نقطة س داخل مثلث ا ب ح المعلوم بشرط انه لو وصل منها الى رؤسه الثلاثة بثلاثة مستقيمات ينقسم سطحه الى ثلاثة أقسام متكافئة



جواب ذلك أن ننزل ارتفاع ا ى للمثلث المفروض على قاعدته ب ح ثم يؤخذ من هذا الارتفاع البعد و ى بقدر ثلثه ثم يرسم من نقطة و مستقيم ط و موازيا الى ضلع ب ح وكذلك ينزل الارتفاع ب ح للمثلث المذكور على قاعدته ا ح ثم يؤخذ من هذا الارتفاع البعد ك ح بقدر ثلثه ثم يرسم من نقطة ك مستقيم ك ى موازيا الى قاعدة ا ح فيقابل المستقيم و ط في نقطة س المطلوب ايجادها فحينئذ لو وصل منها الى رؤس المثلث الثلاثة ا و ب و ح بالثلاث مستقيمات ا س و ب س و ح س لقسم سطحه الى ثلاثة أقسام مثلثيه متكافئة .أعني ان مثلث

ا ب س = ا س ح = س ح ب

وذلك

وذلك لانه من البديهى ان مساحة مثلث ب س ح = $\frac{1}{2}$ و ى × ب ح

وحيث ان و ى = $\frac{1}{3}$ ا ى علا يحدث ب س ح = $\frac{1}{6}$ ا ى × ب ح (١)

وحيث ان قاعدة ب ح مطلوبة فنستخرجها من هذا القانون

ا ب ح = ب ح × $\frac{1}{2}$ ا ى   أو

$$\text{ب ح} = \frac{\text{٢ ا ب ح}}{\text{ا ى}}$$

وبوضع $\frac{\text{٢ ا ب ح}}{\text{ا ى}}$ بدلا عن ب ح فى قانون (١) يؤول الى

ب س ح = $\frac{1}{6}$ ا ى × $\frac{\text{٢ ا ب ح}}{\text{ا ى}}$ أو

ب س ح = $\frac{1}{3}$ ا ب ح   أو

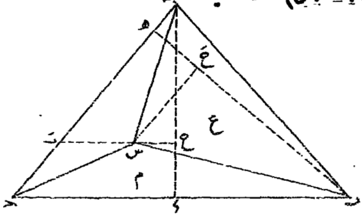
أعنى ان المثلث ب س ح هو ثلث المثلث ا ب ح المفروض

وبمثل ذلك يبرهن على ان المثلث ا س ح هو ثلث المثلث ا ب ح المفروض

ولا ريب أن المثلث ا ب س الباقى من المثلث ا ب ح المفروض يكون ثلثه

(المسألة الثانية عشرة)

المطلوب ايجاد نقطة س داخل مثلث ا ب ح المعلوم بشرط أنه لو وصل منها الى رؤسه الثلاث بثلاثة مستقيمات لقسم سطحه الى ثلاثة أقسام نسبتها الى بعض كنسبة (م : ه : ع) ثلاثة كميات معلومة



جواب ذلك أن نفرض ان المسألة محلولة يعني ان النقطة المجهولة هي نقطة س وان مثلث س ب ح مناسب لكمية م ومثلث س حا مناسب لكمية ه ومثلث س ا ب مناسب لكمية ع و بعد ذلك ننزل ارتفاع المثلث المفروض ا ب ح وليكن ا ء ثم نبحث أولا عن ر ارتفاع المثلث ب س ح من قانون

$$\frac{ب س ح}{ا ب ح} = \frac{م}{م + ه + ع} = \frac{ر}{ا ء} \quad \text{ومنها يستخرج}$$

$$ر = \frac{م \times ا ء}{م + ه + ع}$$

ثم نأخذ البعد ء ح = ر ونرسم من نقطة ح مستقيم بَ س موازيا للقاعدة ب ح

ونبحث ثانيا عن رَ ارتفاع المثلث ا س ح بأن ننزل ارتفاع ب ه للمثلث ا ب ح على قاعدته ا ح ونضع هذا القانون

$$\frac{ا س ح}{ا ب ح} = \frac{ه}{م + ه + ع} = \frac{رَ}{ب ه} \quad \text{ومنه نستخرج}$$

$$رَ = \frac{ه \times ب ه}{م + ه + ع}$$

ثم نأخذ بعد ه حَ = رَ ونرسم من نقطة حَ مستقيم خَ س موازيا للقاعدة ا ح فيتقابل مع المستقيم بَ س في نقطة س المطلوب ايجادها فحينئذ لو وصل منها الى رؤس المثلث ا و ب و ح بالثلاثة مستقيمات ا س و ب س و س ح لكان المثلث س ب ح الحادث مناسبا لكمية م و المثلث س حا مناسبا لكمية ه والمثلث س ا ب مناسبا لكميه ع

(المسألة الثالثة عشرة)

المطلوب تقسيم مثلث ا ب ح المعلوم منه أضلاعه الثلاثة فقط الى قسمين بمستقيم يكون عمودا على قاعدته بشرط أن يكون أحد القسمين مساويا الى كمية م المعلومة

جواب

جواب ذلك ان نستخرج أولاً بعد ا ع = ل
موقع العمود النازل من رأس المثلث
المفروض على قاعدته من هذا القانون

$$\overline{\text{ب ح}}^2 = \overline{\text{ا ب}}^2 + \overline{\text{ا ح}}^2 - 2\,\text{ا ب} \times \text{ا ع}$$ أو

$$\text{ا ع} = \frac{\overline{\text{ا ب}}^2 + \overline{\text{ا ح}}^2 - \overline{\text{ب ح}}^2}{2\,\text{ا ب}} = \text{ل} \quad (1)$$

وثانيا نستخرج مقدار الارتفاع ح ع = ر
من هذا القانون

$\overline{\text{ح ع}}^2 = \overline{\text{ا ح}}^2 - \overline{\text{ا ع}}^2$ وبوضع مقدار ا ع = ل من قانون (١) في هذه المعادلة يحدث

$$\overline{\text{ح ع}}^2 = \overline{\text{ا ح}}^2 - \text{ل}^2$$ أو

$$\text{ح ع} = \sqrt{\overline{\text{ا ح}}^2 - \text{ل}^2} = \text{ر} \quad (2)$$

وثالثا نستخرج مساحة مثلث ا ح ع من هذا القانون

$$\text{ا ح ع} = \text{ا ع} \times \tfrac{1}{2}\,\text{ح ع}$$ أو

$$\text{ا ح ع} = \text{ل} \times \tfrac{1}{2}\,\text{ر} \quad (3)$$

وأخيرا نقارن المساحة م المعلومة بمساحة المثلث ا ح ع فان كانتا متساويتين يكون الارتفاع ح ع هو القاسم المطلوب وان كانتا مختلفتين فلابد أن تكون كمية م أصغر أو أكبر من المثلث ا ح ع فان كانت كمية م أصغر من المثلث المذكور فلاريب أنها تنحصر فيه كما في الشكل المتقدم وفي هذه الحالة نستخرج البعد المجهول ا ص = س من هذا التناسب

$$\text{ا ع ح} : \text{م} :: \overline{\text{ا ع}}^2 : \text{س}^2$$ أو

$$\text{ا ع ح} \times \text{س}^2 = \text{م} \times \overline{\text{ا ع}}^2$$ أو

$$س^٢ = \frac{م \times \overline{١ع}^٢}{١ع ح}$$ أو

$$س = ١ع \sqrt{\frac{م}{١ع ح}} \quad (٥)$$

وان كانت كمية م اكبر من المثلث ١ ح ع فلابد انها تنحصر في المثلث ب ح ع وحينئذ نستخرج البعد المجهول ب ص بطريقة كالمتقدمة وبعد ذلك نقطع البعد ب ص من ابتداء نقطة ب ثم يقام من نقطة ص عمود ص ص على القاعدة ١ ب فيكون هو القاسم المطلوب

(ولنطبق ذلك على مثال فنقول)

المطلوب تقسيم المثلث ١ ب ح المعلوم منه أضلاعه الثلاثة وارتفاعه ح ع = ر = ٥٠ ميترا وبعد موقع الارتفاع ١ ع = ل = ٤٠ ميترا الى قسمين بشرط أن يكون أحدهما مساويا بالكمية (م = ٥٠٠ ميتر مربع) معلومة وأن يكون المستقيم القاسم عمودا على قاعدته ١ ب

جواب ذلك أن يقال حيث انه معلوم هنا ان بعد موقع العمود ل = ٤٠ ميترا والارتفاع ر = ٥٠ ميترا فضرورة تعلم مساحة المثلث ١ ح ع من بعد وضع هذه المقادير المذكورة في قانون (٣) المتقدم فيؤل الى

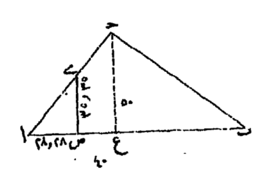
١ ح ع = ٤٠ × ٢٥ = ١٠٠٠ ميتر مربع

وأخيرا نستخرج البعد ا ص = س المجهول الذي هو قاعدة المثلث المعلومة مساحته التي قدرها ٥٠٠ ميتر مربع من قانون (٥) فبعد وضع المقادير المذكورة فيه يؤل الى

$$س = ٤٠ \sqrt{\frac{٥٠٠}{١٠٠٠}} = \frac{٤٠ \times ٣٦ر٢٢}{٣١ر٦٢}$$

$$س = ٢٨ر٢٨ \text{ ميترا}$$

فلو قطع البعد ٢٨ ر ٢٨ ميترا من ابتداء نقطة ١ من قاعدة ١ ب وأقيم من نهاية هذا البعد وهي نقطة ص مستقيم عمودا عليها لكان هذا العمود ص ء



هو القاسم المطلوب ومقداره يستخرج من المثلثين ا ح ع و ا ص ى المتشابهين وباجراء العمل يحدث

ص ى = ٣٥ و ٣٥ مترا

(المسألة الرابعة عشرة)

المطلوب تقسيم مثلث ا ب ح الى قسمين متكافئين بمستقيم مواز لقاعدته جواب ذلك أن يقال ان حل هذه المسألة فيه طريقتان

(الطريقة الاولى)

أن نفرض ان المستقيم القاسم المطلوب يكون هـ ى ونفرض ان البعد المجهول ا هـ = س وحينئذ يكون المثلث ا ى هـ الحادث مشابها للمثلث ا ب ح المعلوم ومنهما يحدث هذا التناسب

$$\frac{\text{ا ى هـ}}{\text{ا ب ح}} = \frac{١}{٢} = \frac{\text{س}^٢}{\overline{\text{ا ح}}^٢} \quad \text{أو}$$

$$\text{س}^٢ = \frac{\overline{\text{ا ح}}^٢}{٢} \quad \text{أو}$$

$$\text{س} = \text{ا ح} \sqrt{\frac{١}{٢}}$$



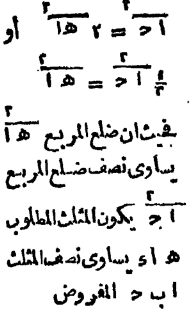
فلو أخذنا مقدار البعد ا هـ = س من الضلع ا ح من ابتداء نقطة ا وليكن ا هـ ومن نهايته نقطة هـ رسمنا المستقيم هـ ى موازيا للقاعدة ب ح لكان هو القاسم المطلوب

(الطريقة الثانية)

هي ان نرسم على الضلع ا ح نصف محيط دائرة ومن مركزه هـ نقيم العمود هـ ص على الضلع ا ح ونصل ا ص ثم نجعل نقطة ا مركزا وببعد ا ص نرسم قوس دائرة يقطع ضلع ا ح في نقطة هـ فلو رسمنا منها المستقيم هـ ى موازيا للقاعدة ب ح لكان هو القاسم المطلوب

لانه يحدث من المثلث ا ح ص

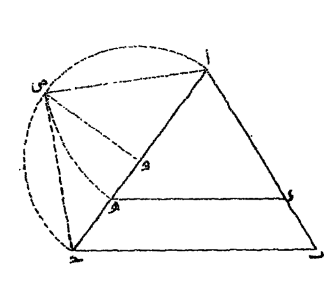
$$\overline{\text{ا ح}}^٢ = \overline{\text{ا ص}}^٢ + \overline{\text{ص ح}}^٢ = ٢\ \overline{\text{ص ا}}^٢ \quad \text{أو}$$



$\overline{ا ح}^{2} = ٢\ \overline{ه ا}^{2}$ أو

$\frac{1}{2}\ \overline{ا ح}^{2} = \overline{ا ه}^{2}$

بحيث ان ضلع المربع $\overline{ه ا}^{2}$ يساوى نصف ضلع المربع $\overline{ا ج}^{2}$ يكون المثلث المطلوب ه ا ى يساوى نصف المثلث ا ب ح المفروض



(المسألة الخامسة عشرة)

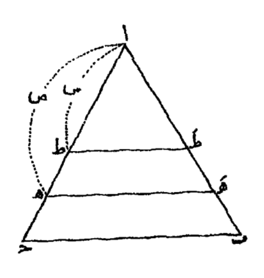
المطلوب تقسيم مثلث ا ب ح معلوم الى ثلاثة أقسام متكافئة بمستقيمين موازيين لقاعدته ب ح

جواب ذلك أن نفرض ان المسألة محلولة يعنى ان مستقيمى ط طَ و ه هَ هما القاسمان المطلوبان ثم نبحث أولا عن مقدار البعد المجهول ا ط = س من المثلثين ا ط طَ و ا ب ح المتشابهين فيحدث هذا التناسب

$\frac{ا ط طَ}{ا ب ح} = \frac{س^{2}}{\overline{ا ح}^{2}} = \frac{1}{3}$ أو

$س^{2} = \overline{ا ح}^{2} \times \frac{1}{3}$ أو

$س = ا ح \sqrt{\frac{1}{3}}$



ونبحث ثانيا عن مقدار البعد الثانى المجهول ا ه = ص من المثلثين ا ه هَ و ا ب ح المتشابهين فيحدث منهما هذا التناسب

ا ه

$$\frac{\text{اهـَ}}{\text{اب ج}} = \frac{\text{ص}}{\overset{٢}{\text{اج}}} = \frac{٢}{٣} \quad \text{أو}$$

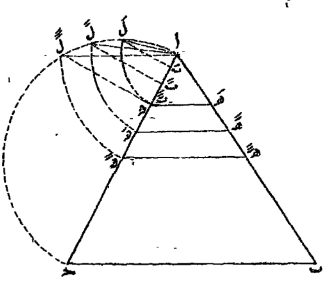
$$\text{ص}^{٢} = \overline{\text{اج}}^{\,٢} \times \frac{٢}{٣} \quad \text{أو}$$

$$\text{ص} = \text{اج} \sqrt{\frac{٢}{٣}}$$

ثم نأخذ بعدى س و ص من ابتداء نقطة ا على ضلع اج فتحدث نقطتا ط و هـ فلو رسمنا منهما مستقيمى ط طَ و هـ هـَ موازيين لقاعدة ب ج لكانا هما المستقيمين القاسمين المطلوبين

(تنبيه)

اذا كان المراد تقسيم مثلث اب ج الى أقسام عددها م بشرط أن تكون متكافئة بخطوط موازية لقاعدته ب ج يؤخذ بناء على ما تقدم مقدار البعد الاول $\text{اـَ} = \text{اج}\sqrt{\frac{١}{م}}$ ومقدار البعد الثانى $\text{ابَ} = \text{اج}\sqrt{\frac{٢}{م}}$ والبعد الثالث $\text{اـً} = \text{اج}\sqrt{\frac{٣}{م}}$ وهكذا

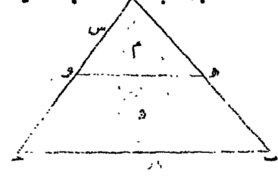


وأما بواسطة الطريقة الرسمية فنرسم على ضلع المثلث اج نصف محيط دائرة ثم نقسم الضلع اج المذكور الى أقسام عددها م ولتكن اـَ وابَ واـً و..الخ ثم نقيم من نقط التقاسيم ـَ وبَ وـً و..الخ أعمدة ـَ لَ و ـ لً و ـً لً على الضلع اج ثم نجعل نقط ا مركزا

وبالابعاد ا لَ و ا لً و لٌ نرسم أقواس دوائر حتى تقطع ضلع ا حـ في النقط هَ و هً و هٌ و خ ثم نرسم من النقط هَ و هً و هٌ المستقيمات هَ هَ و هً هً و هٌ هٌ و خ موازية للقاعدة ب حـ فتكون هي القواسم المطلوبة

(المسألة السادسة عشرة)

المطلوب تقسيم مثلث ا ب حـ معلوم الى قسمين بمستقيم مواز لقاعدته بشرط أن تكون نسبتهما لبعضهما كنسبة عددين معلومين م : هـ



جواب ذلك أن نفرض ان مستقيم هـ و هو القاسم المطلوب فيكون المثلث ا و هـ مناسبا لكمية م والشكل هـ و حـ ب مناسبا لكمية هـ فحينئذ نستخرج مقدار البعد المجهول ا و = س من المثلثين ا و هـ و ا حـ ب المتشابهين ويحدث منهما

$$\frac{\text{ا هـ و}}{\text{ا ب حـ}} = \frac{\text{س}^2}{\text{ا حـ}^2} = \frac{\text{م}}{\text{م} + \text{هـ}} \quad \text{أو}$$

$$\text{س}^2 = \frac{\text{م} \times \text{ا حـ}^2}{\text{م} + \text{هـ}} \quad \text{أو}$$

$$\text{س} = \text{ا حـ} \sqrt{\frac{\text{م}}{\text{م} + \text{هـ}}}$$

فلو حددنا مقدار البعد ا و = س على ضلع ا حـ بالابتداء من نقطة ا ورسمنا من نقطة و مستقيم و هـ موازيا لقاعدة ب حـ لكان هو القاسم المطلوب

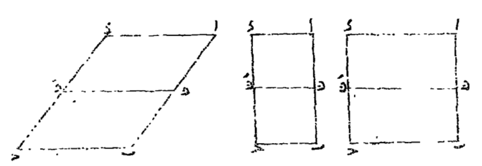
*(فن

(فى تقسيم الشكل الرباعى)

فى تقسيم المربع والمستطيل ومتوازى الاضلاع

(المسألة السابعة عشرة)

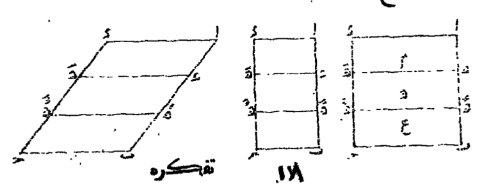
المطلوب تقسيم مربع ا ب حـ د أو مستطيل ا ب حـ د أو متوازى الاضلاع ا ب حـ د الى قسمين متساويين بمستقيم موازٍ لضلعه ا د



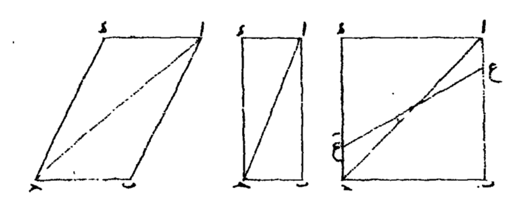
جواب ذلك أن نقسم ضلعه ا ب أو د حـ بنقطة هـ قسمين متساويين ونرسم منها مستقيم هـ هـَ موازيا للضلع ا د فيكون هو القاسم المطلوب ويكون الشكل هـ هـَ حـ ب هو أحد القسمين والشكل هـ هـَ د ا هو القسم الثانى لأن قاعدة كل منهما واحدة وارتفاع كل منهما كذلك

(المسألة الثامنة عشرة)

المطلوب تقسيم مربع ا ب حـ د أو مستطيل ا ب حـ د أو متوازى الاضلاع ا ب حـ د الى قسمين مناسبين لكميتين معلومتين م و هـ أو الى ثلاثة أقسام مناسبة لثلاث كميات معلومات م و هـ و ع بمستقيمين موازيين لأحد أضلاعها كالضلع ا د مثلا



جواب ذلك أن نقسم الضلع ا ب الى قسمين متناسبين لكمية م و ﻫ بنقطة ﻫ ونرسم فيها مستقيم ﻫ ﻫَ موازيا للضلع ا ء فيكون هو القاسم المطلوب أو نقسم الضلع ا ب المذكور الى ثلاثة أقسام متناسبة للكميات م و ﻫ و ع ومن نقطتي التقاسيم نرسم مستقيمي ﻫ ﻫَ و ﻫَ ﻫً موازيين للضلع ا ء فيكونان القاسمين المطلوبين



(المسألة التاسعة عشرة)

المطلوب تقسيم مربع ا ب ح ء أو مستطيل ا ب ح ء أو متوازي الأضلاع ا ب ح ء الى قسمين متساويين بمستقيم يمر من احدى زواياه ا أو يمر من نقطة ع مفروضة على أحد أضلاعه ا ب

جواب ذلك أولا أن نصل من زاوية ا الى الزاوية ح المقابلة لها بالقطر ا ح فيكون هو القاسم المطلوب لأن المثلثين الحادثين ا ب ح و ا ء ح يكونان متساويين

ثانيا أن نأخذ البعد ح عَ مساويا للبعد ا ع ثم نصل المستقيم ع عَ فيكون هو القاسم المطلوب ويكون الشبيهان المنحرفان ع ب ح عَ و ع ا ء عَ القسمين المتساويين المطلوبين لأن القاعدة المتوسطة لكل منهما واحدة وارتفاعهما واحد أيضا

*(المسألة

(المسألة العشرون)

المطلوب تقسيم مربع ا ب ح ء الى قسمين متكافئين بشرط أن يكون أحدهما مربعا ومتحد المركز مع المربع المعلوم

جواب ذلك أن نصل قطرى المربع ا ح و ء ب فيتقاطعان فى نقطة ه فنرسم منها مستقيم ه ع موازيا الى ضلع ا ء ثم نجعل نقطة ه مركزا وبنصف قطر ه ع نرسم قوس دائرة ح ع هـ فالمستقيم ح هـ الواصل بين نقطتى تقاطع القوس بالقطرين يكون هو ضلع المربع المطلوب ونكمل رسم المربع المطلوب برسم مستقيمين من نقطتى هـ و ح موازيين الى ضلع ا ء فيقطعان القطرين فى نقطتى ط و و وأخيرا نصل الضلع ط و فيكون الشكل ح هـ و ط هو المربع المطلوب لأنه يحدث من المثلث م ح ه أن

$\overline{\text{ه ح}}^{2} = \overline{\text{ح م}}^{2} + \overline{\text{م ه}}^{2} = ٢\,\overline{\text{ح م}}^{2}$ أو

$\overline{\text{ا ع}}^{2} = \overline{\text{ه ع}}^{2} = ٢\,\overline{\text{ح م}}^{2}$ أو

$\overline{\text{ا ب}}^{2} = ٢\,\overline{\text{ح هـ}}^{2}$ أو

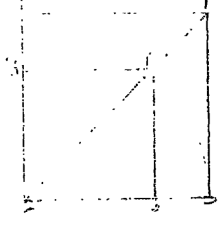
$\frac{1}{2}\,\overline{\text{ا ب}}^{2} = \overline{\text{ح هـ}}^{2}$

(المسألة الحادية والعشرون)

المطلوب تقسيم مربع ا ب ح ء معلوم الى قسمين متكافئين بشرط أن يكون

أحدهما مربعا يرسم داخل المربع المعلوم وأضلاعهما متوازية ويكونان متحدين في زاوية ح كما في هذا الشكل

جواب ذلك أن نصل القطر ا ح ونجعل نقطة ح مركزا وبنصف قطر ح ب نرسم قوس دائرة يقطع القطر ا ح في نقطة م فلو نزلنا منها عمودي م ه و م هَ على ضلعي ب ح و ح ء يحدث المربع هَ م ه ح المطلوب لانه يحدث من المثلث ح م ه أن



$\overline{م ح}^٢ = \overline{م ه}^٢ + \overline{ه ح}^٢$ أو

$\overline{م ح}^٢ = ٢ \overline{ه ح}^٢$

$\overline{ب ح}^٢ = ٢ \overline{ه ح}^٢$

$\frac{١}{٢} \overline{ب ح}^٢ = \overline{ه ح}^٢$

يعني ان نصف المربع المنشئ على ضلع ب ح = للمربع المنشئ على ضلع ه ح

(تنبيه)

اذا أردنا معرفة مقدار ضلع المربع ح ه الذي هو نصف مساحة المربع المفروض بواسطة الحساب نأخذ جذر نصف مساحة المربع المفروض فالناتج يكون هو مقدار ضلع المربع المطلوب ح ه

(في بيان تقسيم شبه المنحرف)

(المسألة الثانية والعشرون)

المطلوب تقسيم شبه المنحرف ا ب ح ء المعلوم الى قسمين متكافئين بمستقيم يوازي لقاعدتيه المتوازيتين اء و ب ح

جواب ذلك أن نمد ضلعيه ا ب و ء ح الغير متوازيين حتى يتلاقيا في نقطة ط ثم نجد مساحة مثلث ا ط ء واذا كان هناك مانع يمنع مد ضلع ا ط أو ط ء فنستخرج مقدار الضلع ء ط من هذا التناسب

ط ء

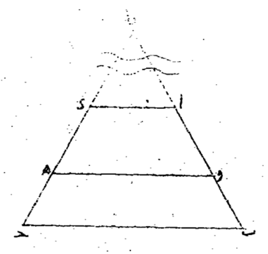
$طد : طد + دح :: اد : بح$ أو

$طد \times بح = اد \times طد + اد \times دح$ أو

$طد \times بح - اد \times طد = اد \times دح$ أو

$طد (بح - اد) = اد \times دح$ أو

$$طد = \frac{اد \times دح}{بح - اد}$$



وبمثل ذلك نستخرج مقدار الضلع اط من هذا القانون

$$اط = \frac{اب \times اد}{بح - اد}$$

وبعد ذلك نستخرج مساحة المثلث اطد المعلومة أضلاعه الثلاثة من هذا القانون

$$اطد = \sqrt{ك(ك - اط)(ك - اد)(ك - طد)}$$

وأخيرا نعتبر أن مساحة المثلث اطد مضافة لكل من القسمين لنستخرج مقدار طه ولهذا يحدث أن

$طوه : طبح :: \overline{طه}^{2} : \overline{طح}^{2}$ أو

$$\overline{طه}^{2} = \frac{طوه \times \overline{طح}^{2}}{طبح}$$

$$طه = طح \sqrt{\frac{طوه}{طبح}}$$

ثم نطرح من البعد طه مقدار البعد طد فيكون الباقي ده هو البعد المطلوب فلو اخذنا من نقطة ه مستقيم هو موازيا الى بح لكان هو القاسم المطلوب

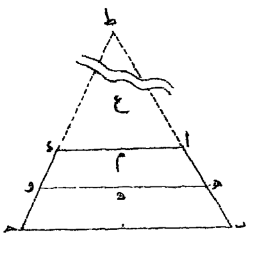
(المسألة الثالثة والعشرون)

المطلوب تقسيم شبه منحرف ا ب حـ ى معلوم الى قسمين متناسبين لكميتين معلومتين م و ﻫ بمستقيم موازلقاعدتيه المتوازيتين ا ى و ب حـ

جواب ذلك أن نمدّ ضلعى ا ب و حـ ى حتى يتلاقيا فى نقطة ط ثم نجد مساحة المثلث ا ط ى الحادث كما تقدم ونرمز لمساحته بالرمز ع ثم نستخرج مقدار البعد ط و من هذا التناسب

$$\overline{ط و}^{٢} : \overline{ط حـ}^{٢} :: ع + م : ع + م + ﻫ$$ أو

$$ط و = ط حـ \sqrt{\frac{ع + م}{ع + م + ﻫ}}$$

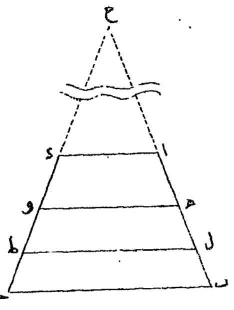


ثم نطرح البعد ط ى من البعد ط و فيكون الباقى ى و وحينئذ لو رسمنا من نقطة و مستقيم و ﻫ موازيا لقاعدة ب حـ لكان هو القاسم المطلوب

(المسألة الرابعة والعشرون)

المطلوب تقسيم شبه منحرف ا ب حـ ى معلوم الى ثلاثة أقسام متكافئة بمستقيمين موازيين لقاعدتيه المتوازيتين ا ى و ب حـ

جواب ذلك أن نفرض ان المستقيمين القاسمين المطلوبين هما ط ل و و ﻫ ونمدّ ضلعى ا ب و حـ ى ثم نستخرج مساحة المثلث ا ى غ الحادث كما تقدم ثم نستخرج مقدار البعد ط ع من هذا التناسب



ب ج د : ل ج ط :: $\overline{\text{د ج}}^{2}$: $\overline{\text{ط ج}}^{2}$ أو

ط ج = د ج $\sqrt{\dfrac{\text{ل ج ط}}{\text{ب ج د}}}$

وبمثل ذلك نستخرج البعد و ج من هذا القانون

و ج = د ج $\sqrt{\dfrac{\text{ﻫ و ج}}{\text{ب ج د}}}$

وحينئذ لو قطعنا كلا من البعدين ط ج و و ج بالابتداء من نقطة ج ورسمنا من نقطتي ط و و مستقيمين ط ل و و ﻫ موازيين لقاعدة ب د لكانا المستقيمين القاسمين المطلوبين

(المسألة الخامسة والعشرون)

المطلوب تقسيم شبه منحرف ا ب ج د معلوم الى ثلاثة أقسام مناسبة لثلاث كميات م و ﻫ و ع معلومات بخطين موازيين لقاعدتيه المتوازيتين

جواب ذلك أن نفرض ان المستقيمين القاسمين هما ﻫ و و ط ل ونستخرج مساحة المثلث ا د ك = ﻫ كما تقدم ونستخرج مقدار البعد ك و من هذا التناسب

ك د : ك و :: ﻫ + م + ﻫ + ع : ﻫ + م او

$\overline{\text{ك د}}^{2}$: $\overline{\text{ك و}}^{2}$ :: ﻫ + م + ﻫ + ع : ﻫ + م او

ك و = ك د $\sqrt{\dfrac{\text{ﻫ + م}}{\text{ﻫ + م + ﻫ + ع}}}$ (١)

وبمثل ذلك نستخرج مقدار البعد ك ل من هذا التناسب

$$ك ل = ك ح \sqrt{\frac{هـ + م + ة}{هـ + م + ة + ع}} \qquad (٢)$$

فحينئذ لو قطعنا كلا من البعدين ك و و ك ل بالابتداء من نقطة ك ورسمنا من النقطتين و و ل مستقيمين و هـ و ل ط موازيين لقاعدة ب ح لكانا القاسمين المطلوبين

(المسألة السادسة والعشرون)

المطلوب تقسيم شبه منحرف ا ب ح ء معلوم الى قسمين متكافئين بمستقيم يمر بقاعدتيه المتوازيتين

جواب ذلك أن ننصف قاعدتيه المتوازيتين ا ء و ب ح بنقطتي ة و ةَ ونصل مستقيم ة ةَ فيكون هو القاسم المطلوب

لانا لو رمزنا بالحرف ع لمساحة شبه المنحرف ة ةَ ح ء

وبالحرف عَ لمساحة شبه المنحرف ة ةَ ب ا

وبالحرف ر لارتفاع شبه المنحرف ا ب ح ء لحدث

$$عَ = (ا ة + ب ةَ) \frac{١}{٢} ر \quad و$$

$$ع = (ا ة + ب ةَ) \frac{١}{٢} ر \quad (لان ة ء = ا ة و ةَ ح = ب ةَ عملا)$$

وحيث ان الطرفين الاخيرين متساويان فيكون الطرفان الاولان كذلك يعني أن القسم

$$عَ = ع$$

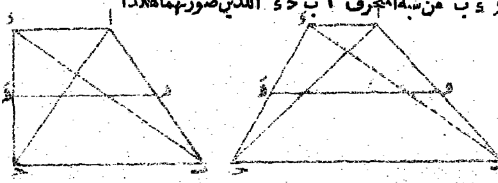
(نتيجة)

اذا قسمنا كلا من القاعدتين المتوازيتين من شبه منحرف الى ثلاثة أقسام متساوية أو اكثر ووصلنا بين نقط التقاسيم بمستقيمين أو اكثر ينقسم الى ثلاثة أقسام متساوية أو اكثر

(تنبيه)

(تنبيه)

لو نصفنا الضلعين الغير متوازيين ا ب و ء ح بنقطتي هـ و هـَ من شبه المنحرف ا ب ح ء ووصلنا بينهما بالمستقيم هـ هـَ أو وصلنا أحد قطري ا ح و ء ب من شبه المنحرف ا ب ح ء اللذين صورتهما هكذا

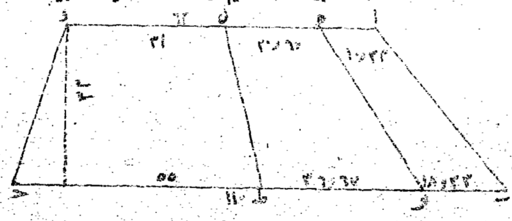


لكان كل من المستقيمات الواصلة غير قاسم شبه المنحرف المفروض

(المسألة السابعة والعشرون)

المطلوب تقسيم شبه المنحرف ا ب ح ء المعلوم الى ثلاثة أقسام مناسبة لثلاث كميات معلومة م و هـ و ع بمستقيمين يمران بين قاعدتيه المتوازيتين

جواب ذلك أن نقسم كلا من قاعدتيه المتوازيتين ا ء و ب ح الى ثلاثة أقسام مناسبة للثلاث كميات المعلومة بالنقط هـ و ل و و و ط فالمستقيمان هـ و و ل ط الواصلان بين نقط التقاسيم يكونان القاسمين المطلوبين



وأمّا اذا أردنا عمل التقسيم بواسطة الحساب فنستخرج أوّلا مقدار بعد ا ه من هذا التناسب

$\text{ا ه} : \text{ا ء} :: \text{م} : \text{م} + \text{ه} + \text{ع}$ أو

$$\text{ا ه} = \frac{\text{ا ء} \times \text{م}}{\text{م} + \text{ه} + \text{ع}} \qquad (١)$$

ثم نستخرج ثانيا مقدار البعد ا ل من هذا التناسب

$\text{ا ل} : \text{ا ء} :: \text{م} + \text{ه} : \text{م} + \text{ه} + \text{ع}$ أو

$$\text{ا ل} = \frac{\text{ا ء}(\text{م} + \text{ه})}{\text{م} + \text{ه} + \text{ع}} \qquad (٢)$$

وثالثا نستخرج مقدار كل من البعدين ب و و ب ط كما تقدّم وحينئذ لو وصلنا مستقيمي ه و و ل ط لكانا القاسمين المطلوبين

وذلك لان $\frac{\text{ا ه}}{\text{ه ل}} = \frac{\text{م}}{\text{ه}}$ أو

$\text{ا ه} = \left(\text{ه ل} \times \frac{\text{م}}{\text{ه}}\right)$ وكذا $\frac{\text{ب و}}{\text{ط و}} = \frac{\text{م}}{\text{ه}}$ أو

$\text{ب و} = \left(\text{ط و} \times \frac{\text{م}}{\text{ه}}\right)$ وبالجمع يحدث

$\text{ا ه} + \text{ب و} = (\text{ه ل} + \text{ط و})\frac{\text{م}}{\text{ه}}$ وبضرب الطرفين في $\frac{\text{ع}}{٢}$ يحدث

$\frac{\text{ع}}{٢}(\text{ا ه} + \text{ب و}) = \frac{\text{ع}}{٢}(\text{ه ل} + \text{ط و})\frac{\text{م}}{\text{ه}}$ وبضرب الطرفين في ه يحدث

$\frac{\text{ع}}{٢}(\text{ا ه} + \text{ب و})\,\text{ه} = \frac{\text{ع}}{٢}(\text{ه ل} + \text{ط و})\,\text{م}$ أو

$\text{ا ب و ه} : \text{ه و ط ل} :: \text{م} : \text{ه}$ وبمثل ذلك يحدث

$\text{ه و ط ل} : \text{ل ط ج ء} :: \text{ه} : \text{ع}$ ومن هذين التناسبين يحدث

$\text{ا ب و ه} : \text{ه و ط ل} : \text{ل ط ج ء} :: \text{م} : \text{ه} : \text{ع}$

(مثال)

المطلوب تقسيم شبه منحرف مساحته ٢٨٣٨ مترا مربعا وقاعدته العليا ٦٢ مترا والسفلى ١١٠ متر وارتفاعه ٣٣ مترا الى ثلاثة أقسام مناسبة لثلاث كميات معلومة

معلومة وهي م = ١ و ه = ٢ و ع = ٣ بمستقيمين عمران بين قاعدتيه المتوازيتين

جواب ذلك أن نستخرج مقدار بعد ا ه من قانون (١) بوضع المقادير المعلومة فيه فيحدث

$$\text{ا ه} = \frac{٦٢}{٦} = ١٠ \text{ ر } ٣٣ \text{ مترا}$$

ثم نستخرج مقدار البعد ا ل من قانون (٢) بوضع المقادير المعلومة فيه فيحدث

$$\text{ا ل} = \frac{٦٢\,(١+٢)}{١+٢+٣} = ٣١ \text{ ميتر}$$

ثم نستخرج مقدار البعد و ب من قانون $\text{و ب} = \frac{\text{ب ح} \times \text{م}}{\text{م} + \text{ه} + \text{ع}}$ أو

$$\text{و ب} = \frac{١١٠}{٦} = ١٨ \text{ ر } ٣٣ \text{ متر}$$

ثم نستخرج مقدار البعد ب ط من قانون $\text{ب ط} = \frac{\text{ب ح}\,(\text{م} + \text{ه})}{\text{م} + \text{ه} + \text{ع}}$ أو

$$\text{ب ط} = \frac{١١٠ \times ٣}{٦} = ٥٥ \text{ مترا}$$

ثم نصل مستقيمي ه و و ل ط فيكونان القاسمين المطلوبين ويكون مقدار القسم المناسب لكمية م هو ٤٧٣ مترا مربعا والقسم المناسب لكمية ه هو ٩٤٦ مترا مربعا والقسم المناسب لكمية ع هو ١٤١٩ ميترا مربعا ثم ان هذه المسألة تستعمل كثيرا في تعديل مساحة الاطيان

(المسألة الثامنة والعشرون)

المطلوب تقسيم شبه المنحرف ا ب ه ل المعلوم الى قسمين متكافئين بمستقيم يمر من نقطة ح معلومة على قاعدته ا ل

جواب ذلك أن نفرض ان المستقيم ح س هو القاسم المطلوب وان ر ارتفاع شبه المنحرف المعلوم وان ع نصف مساحة شبه المنحرف المعلوم وباعتبار ان شكل أحد القسمين المطلوبين هو شبه منحرف مساحته ع معلومة وقاعدته

العليا حـ ل معلومة وارتفاعه ر معلوم فنستخرج مقدار قاعدته السفلى س هـ المجهولة من هذا القانون

خ = (حـ ل + س هـ) $\frac{ر}{٢}$ أو

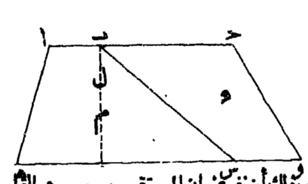
ح = حـ ل × $\frac{ر}{٢}$ + س هـ × $\frac{ر}{٢}$ أو

$\frac{ح}{\frac{ر}{٢}}$ − حـ ل = س هـ

وحينئذ نقطع مقدار البعد س هـ من ابتداء نقطة هـ ونصل المستقيم حـ س فيكون هو القاسم المطلوب

(المسألة التاسعة والعشرون)

المطلوب تقسيم شبه المنحرف ا حـ و هـ المعلوم الى قسمين مناسبين لكميتين معلومتين م و ه بمستقيم يمر من نقطة ب معلومة على قاعدته ا حـ



جواب ذلك أن نفرض ان المستقيم ب س هو القاسم المطلوب وان ر ارتفاع شبه المنحرف المعلوم وان ح مساحة شبه المنحرف المعلومة المناسبة لكمية م ثم نستخرج مقدار قاعدته السفلى س هـ المجهولة من هذا القانون

ح = (ا ب + س هـ) $\frac{ر}{٢}$ أو

س هـ = $\frac{٢ح}{ر}$ − حـ ل

ويمكن أيضا استخراج البعد المجهول س هـ من هذا التناسب

$\frac{ا ب + س هـ}{ا حـ + هـ و}$ = $\frac{ح}{ح + ح}$ = $\frac{م}{م + ه}$ أو

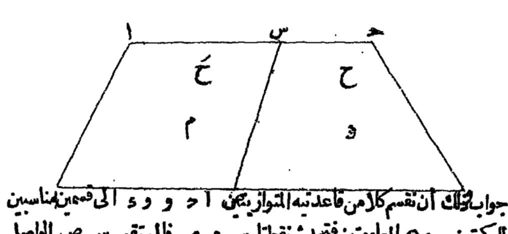
ا ب + س هـ = $\frac{م (ا حـ + هـ و)}{م + ه}$ أو

$$س ه = \frac{م(ا ح + ه و)}{م + ۞} - ا ب$$

وحينئذ تقطع مقدار البعد س ه من ابتداء نقطة ه ونصل المستقيم ب س فيكون هو القاسم المطلوب

(المسألة الثلاثون)

المطلوب تقسيم شبه المنحرف ا ح و ء المعلوم الى قسمين متناسبين الى م و ۞ بمستقيم يمر بين قاعدتيه المتوازيتين



جواب ذلك أن نقسم كلا من قاعدتيه المتوازيتين ا ح و و ء الى قسمين متناسبين للكميتين م و ۞ المعلومتين فتحدث نقطتا س و ص فالمستقيم س ص الواصل بينهما يكون هو القاسم المطلوب

يعني ان $\frac{ح}{حَ} = \frac{۞}{م}$ بفرض ان ح و حَ المساحتين المناسبتين للكميتي ۞ و م وذلك

لأن $\frac{حس}{اس} = \frac{۞}{م}$ أو $حس = \frac{اس \times ۞}{م}$ وأيضا

$\frac{وص}{ءص} = \frac{۞}{م}$ أو $وص = \frac{ءص \times ۞}{م}$ وبالجمع يحدث

$$حس + وص = (اس + ءص)\frac{۞}{م}$$ أو

$\frac{حس + وص}{اس + ءص} = \frac{۞}{م}$ ولكون

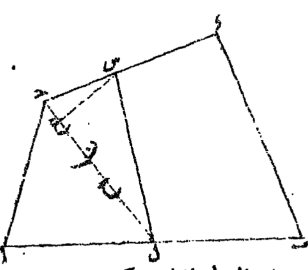
$\frac{حس + وص}{اس + ءص} = \frac{ح}{حَ}$ فيكون

$$\frac{ح}{حَ} = \frac{۞}{م}$$

(فى بيان تقسيم الشكل المنحرف)

(المسألة الحادية والثلاثون)

المطلوب تقسيم شكل منحرف ا د ى ب معلوم الى قسمين بمستقيم يمر من نقطة ل معلومة على ضلعه ا ب بشرط أن تكون النسبة بينهما كنسبة عددين معلومين م و ه



جواب ذلك أن نفرض ان المستقيم ل س هو القاسم المطلوب وان خ مساحة الشكل ا ل س د المعلوم المناسب لكمية ه ونصل المستقيم ل د فيحدث مثلث ا ل د فنعلم مساحته ونطرحها من مساحة خ فنعلم مساحة مثلث ل س د الذى هو باقى الطرح وحيث ان قاعدته ل د معلومة فنستخرج ارتفاعه س ع من هذا القانون

ل س د = $\frac{1}{2}$ ل د × س ع أو

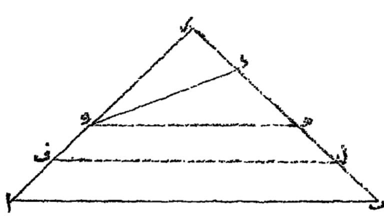
$$\text{س ع} = \frac{\text{ل س د}}{\frac{1}{2}\ \text{ل د}}$$

ولاجل تعيين موضع نقطة س نقيم من أى نقطة من القاعدة ل د عمودا عليها بقدر س ع ومن نهايته نرسم مستقيما موازيا لتلك القاعدة فيقطع ضلع ى د فى نقطة س المطلوبة ويكون المستقيم س ل الواصل منها الى النقطة المعلومة ل هو القاسم المطلوب

(المسألة الثانية والثلاثون)

المطلوب تقسيم شكل منحرف ا ب ى د معلوم الى قسمين بمستقيم موازٍ لاحد أضلاعه ا ب بشرط أن تكون مساحة أحدهما تساوى كمية معلومة

جواب



جواب ذلك أن نمد ضلعي ب ى و ا د حتى يتلاقيا في نقطة ر ونرسم من نقطة ج مستقيم د هـ موازيا للضلع ا ب ونستخرج مساحة المثلث الحادث هـ د ر كما تقدم وايضا نستخرج مقدار الارتفاع ر ع وأما مقدار البعد ر س المجهول فيستخرج من هذا التناسب

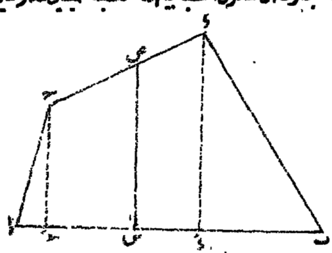
$$\text{ا ر ب} : \text{ل ف ر} :: \overline{\text{ر ع}}^{2} : \overline{\text{ر س}}^{2}$$ أو

$$\text{ر س} = \text{ر ع}\sqrt{\frac{\text{ل ف ر}}{\text{ا ر ب}}}$$

وبعد ذلك نرسم من نقطة س مستقيم ل ف موازيا بالضلع ا ب فيكون هو القاسم المطلوب

(المسألة الثالثة والثلاثون)

المطلوب تقسيم شكل منحرف ا ب ى د معلوم الى قسمين بمستقيم عمود على أحد أضلاعه ا ب بشرط أن تكون النسبة بينهما كنسبة كميتين معلومتين م و هـ



جواب ذلك أن نفرض ان المستقيم س ص هو القاسم المطلوب وان الشكل ا س ص ح هو ما خص كمية م والشكل س ص ى ب ما خص كمية ه ثم ننزل العمود ح حَ على القاعدة ا ب ونستخرج مساحة المثلث الحادث ا ح حَ وعلى حسب منطوق المسألة يكون

ا ح ص س : م :: ا ح ى ب : م + ه أو

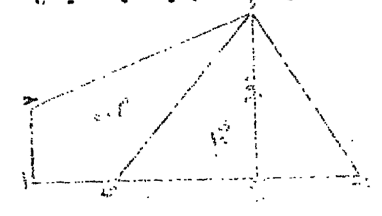
ا ح ص س = $\frac{\text{م} \times \text{ا ح ى ب}}{\text{م} + \text{ه}}$ وبطرح مثلث ا ح حَ من الطرفين

يكون الباقي ح حَ س ص = $\frac{\text{م} \times \text{ا ح ى ب}}{\text{م} + \text{ه}}$ − ا ح حَ = ن

ثم ننزل العمود ى ىَ على القاعدة ا ب ونستخرج مساحة المثلث ى ب ىَ ثم نحسب عمليه كالمتقدمة ونطرح منها المثلث ى ىَ ب فيكون الباقي هو مقدار مساحة الشكل ى ىَ س ص = نَ وبعد ذلك تؤل المسألة الى تقسيم شبه منحرف معلوم ح حَ ى ىَ الى قسمين مناسبين لكميتين معلومتين ن و نَ بمستقيم موازٍ لقاعدتيه المتوازيتين (وتقسم ذلك كما تقدم في المسألة الثالثة والعشرين)

(المسألة الرابعة والثلاثون)

المطلوب تقسيم شكل منحرف ا ب ى ح معلوم الى قسمين بمستقيم يمر من احدى زواياه ى بشرط أن تكون النسبة بينهما كالنسبة بين عددين معلومين م و ه



جواب

جواب ذلك أن نفرض ان المستقيم ء س هو القاسم المطلوب وننزل الارتفاع ء ع على القاعدة ا ب ونستخرج مساحة المثلث س ب ء بالنسبة لكمية ه من هذا التناسب

س ب ء : ه :: ا ح ء ب : م + ه أو

$$\text{س ب ء} = \frac{\text{ه} \times \text{ا ح ء ب}}{\text{م} + \text{ه}} \qquad (١)$$

ثم نستخرج مقدار القاعدة ب س المجهولة للمثلث ء ب س من هذا القانون

$$\text{ب س} = \frac{\text{س ب ء}}{\frac{1}{2}\ \text{ء ع}} \qquad (٢)$$

وبعد تعيين موضع نقطة س بهذا القانون (٢) نصل منها الى نقطة ء بالمستقيم ء س فيكون هو القاسم المطلوب

(ولنطبق هذه المسألة على مثال فنقول)

اذا فرضنا ان مساحة الشكل المنحرف ا ح ء ب = ٢٠٠ م م و ء ع = ٨ م وان ا ب = ٤٠ مترا و ه = ٣ و م = ١ والمطلوب تقسيم هذا الشكل بمستقيم يمر من زاوية ء

جواب ذلك أن نستخرج أولا مقدار مساحة المثلث ب س ء من قانون (١) فيؤول الى

$$\text{س ب ء} = \frac{٣ \times ٢٠٠\ \text{م م}}{٣+١} = \frac{٦٠٠}{٤} = ١٥٠\ \text{م م}$$

ونستخرج ثانيا مقدار القاعدة ب س المجهولة من قانون (٢) فبعد وضع المقادير المعلومة فيه يؤول الى

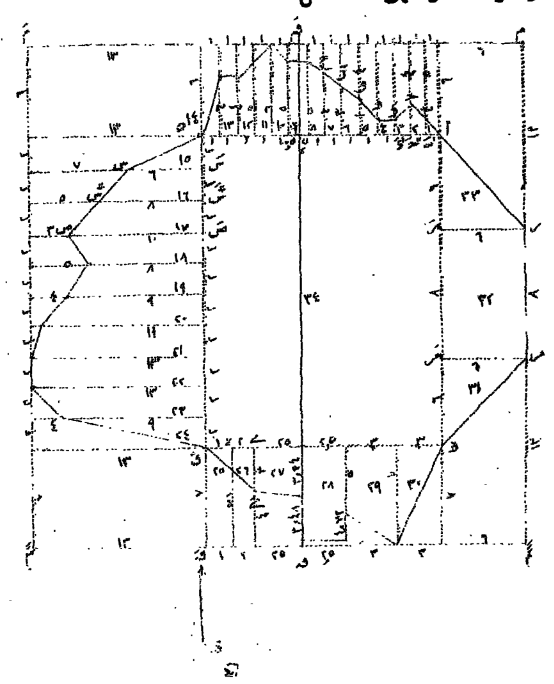
$$\text{ب س} = \frac{١٥٠\ \text{م م}}{٤} = ٣٧,٥\ \text{م}$$

يعني نأخذ بعد مقداره ٣٧,٥ مترا من ابتداء نقطة ب على القاعدة ا ب فيتعين موضع نقطة س ويكون المستقيم ء س الواصل منها الى نقطة ء المعلومة هو القاسم المطلوب

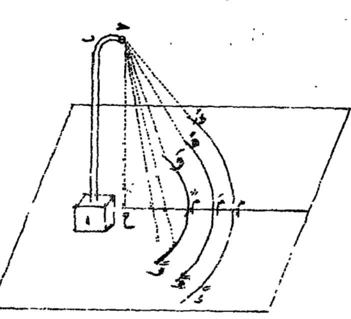
(فى بيان طريقة أخذ مساحة قطعة أرض)

(المسألة الخامسة والثلاثون)

المطلوب تقسيم قطعة أرض ا ب د ى ه و ز ح ط ى خ الى قسمين متكافئين بمستقيم موجود فى مستوى الزوال أى متجه من الشمال الى الجنوب وليكن ه ه وهذه القطعة مجهولة المساحة وحدودها مركبة من خطوط منحنية وخطوط منكسرة كما فى هذا الشكل



جواب ذلك أن نعين أولا خط نصف النهار
ولنبين كيفية رسم خط نصف النهار بطريقة الظلال المتساوية أو بواسطة الارتفاعات
المتطابقة للشمس فنقول هناك طرق عديدة لرسم خط نصف النهار بعضها بالرسم وبعضها
بالحساب غير أن أبسطها هي المعروفة بطريقة الارتفاعات المتطابقة وهي مؤسسة على
هذا الاعتبار البسيط وهو أن كلا من النجوم يرسم بحركته اليومية دائرة عمودية على محور
العالم الواصل بين القطبين وان مستوى نصف النهار يقسم تلك الدائرة الى قسمين متساويين
بحيث اذا شغل الكوكب من هذه الدائرة وضعين مرتفعين عن الافق بارتفاع واحد
أحدهما قبل الزوال والآخر بعده فحينئذ يكون بعد هذا الكوكب عن مستوى نصف
النهار واحدا وهذا الاعتبار يمكن تطبيقه على الشمس أيضا ومن حيث ان ارتفاع
الشمس يعلم بطول الظل الذي تحدثه على الافق فيسهل بواسطة الظلال أن نرصد
الارتفاعات المتطابقة للشمس لاجل الحصول على خط الزوال المطلوب بالتقريب الكافي
وكيفية ذلك هي أن يلصق على تختة البلنشيطة مثلا أو غيرها فرخ من الورق ثم توضع
البلنشيطة في محل مكشوف للشمس وبعد جعل التختة أفقية يثبت في وسطها ساق
معدني ا ب رأسي الوضع ارتفاعه فوق التختة من ٢ر٠ الى ٢٥ر٠ م وحامل
في طرفه الاعلى قطعة رفيعة من النحاس الاصفر موازية لسطح التختة وبمركزها ثقب
صغير ح قطره من ٣٠٠ر٠ الى ٤٠٠ر٠ مليمتر ثم نسقط مركز هذا الثقب على



سطح التختة في نقطة ح ثم
نجعلها مركزا ونرسم أربع
دوائر أو خمسة متباعدة عن
بعضها بعدا موافقا ثم بعد
ذلك ينتظر الراصد قبل
الزوال وكلما تقابلت الحزمة
الضوئية المارة من الثقب
مع احدى الدوائر يعلم بسن
القلم الرصاص نقطة
التقابل وبذلك تحدث

النقط ءَ و هَ و وَ ٠٠٠ لخ ثم ينتظر الراصد بعد الزوال فتأتى الحزمة الضوئية لتقابل الدوائر مرة أخرى من الجهة الشرقية فحينئذ يعلم نقط التقابل بالقلم الرصاص كما سبق ثم بعد ذلك ننصف كلا من الاقواس بنقطة فتحدث النقط م ومَ ومً و٠٠٠لخ فاذا كانت العملية مضبوطة تكون نقط م و مَ و م و مً و٠٠٠لخ على مستقيم واحد مار بنقطة غ مسقط الثقب وحينئذ نرسم هذا الخط على الورق فيكون هو خط نصف النهار المطلوب

ولاجل وضعه على الارض نطبق عليه مسطرة الالداد ونغرس شاخصين فى الارض على اتجاه خط البصر أحدهما جهة الشمال والآخر جهة الجنوب بحيث يكون كل منهما متباعدا عن البلانشيطة بقدر ٥٠ أو ٦٠ ميترا فالمستقيم الواصل بين الشاخصين يكون هو خط نصف النهار المطلوب المرموز له بحرفى ق قَ

ولاجل ضبط العملية ينبغى بعد جعل البلانشيطة أفقية تثبيتها بحيث لايختل وضعها مدة العملية وان ينصب فوقها شمسية تحفظها من حرارة الشمس فى الوقت الكائن بين الرصدين وينبغى أن لايكون يوم العملية شديد الهواء ولا الغمام

واذا كان الاقليم الجارى فيه العمل به رصدخانة يعلم منها الانحرافات اليومية للغناطيس يمكن الاستغناء عن عملية الارصاد المتقدمة التى تستغرق بالاقل يوما كاملا بواسطة توجيه الخريطة بواسطة البوصلة على حسب انحراف المغناطيس عن خط نصف النهار

وخط نصف النهار له منافع كثيرة فى انشاء الخرط وفى السفر برا وبحرا وفى وضع وجهة العمارات ومحاريب الجوامع وغير ذلك

وبعد تعيين اتجاه خط نصف النهار ق قَ نستخرج مساحة قطعة الارض المفروضة بأن نجزء منحنيات حدودها الى أجزاء صغيرة جدا بشرط أن تكون مستقيمات ونضع شواخص فى نهايات الاجزاء المستقيمة ا و ب وح و ء لخ ، ونشخص القاعدة ا هـ بشرط أن تكون عمودية على خط ق قَ وننزل عليها الاعمدة ب بَ و ح حَ و ء ءَ و٠٠٠لخ بالمثلث المساح المضبوط ونقيس الابعاد الافقية والرأسية بالميتر ونرقم مقاديرها

مقادير ها على الرسم ثم نقيم العمود ه ى على القاعدة المذكورة ونعتبره قاعدة أيضا
وننزل عليها الاعمدة س سَ وش شَ وض ضَ و. . . لخ ثم نقيم عليها العمود ى
ء ونعتبره قاعدة أيضا وننزل عليها الاعمدة ه هَ وى ىَ وت تَ و. . . لخ ثم
نقيم عليها العمود ء ا ونعتبره قاعدة كذلك وننزل عليها الاعمدة م مَ ون نَ
و. . . لخ ونتمم القياسات كما ذكر

ولاجل تحقيق العمل يلزم أن يكون مقدار الضلع ا ه مساويا للضلع ء ى وموازيا له
وكذلك الضلع ا ء يكون مساويا وموازيا للضلع ه ى

ثم نمر مسائح الاشكال الحادثة بالنمر ١ و ٢ و ٣ و ٤ و . . . لخ ونرقم النمر
المذكورة باللون الاحمر أو غيره ونكتبها فى مركز ثقل الشكل ثم نكتب القواعد
والارتفاعات ونمر المسائح وأسماء الاشكال فى جدول صورته هكذا

اجمالى مسطح	مسطح	ارتفاع	قاعدة متوسط	قاعدة أولى	قاعدة ثانيه	نمر المسائح	اسم الشكل	ملحوظات
	٠,٥٠	١	٠,٥	١	٠٠	١	مثلث	جميع قطعة الارض هذه معمور
	١,٥٠	١	١,٥	٢	١	٢	شبه	
	١,٧٥	١	١,٧٥	١,٥	٢	٣	شرحه	
	١,٥٠	١	١,٥	٠٠	٠٠	٤	مستطيل	
	١,٧٥	١	١,٧٥	٢,	١,٥	٥	شبه	
	٢,٥٠	١	٢,٥٠	٣	٢	٦	شرحه	
	٣,٥٠	١	٣,٥٠	٤	٣	٧	شرحه	
	٤,٥٠	١	٤,٥	٥	٤	٨	شرحه	
	٥,٠٠	١	٥,٠٠	٠	٠	٩	مستطيل	
	٥,٥٠	١	٥,٥	٦	٥	١٠	شبه	
	٥,٥٠	١	٥,٥	٥	٦	١١	شرحه	
	٤,٥٠	١	٤,٥	٤	٥	١٢	شرحه	
	٤,٠٠	١	٤	٠	٠	١٣	مستطيل	

اجمالى مسطح	مسطح	ارتفاع	قاعده متوسط	قاعده اولى	قاعده ثانيه	نمر المساح	اسم الشكل	ملحوظات
٤٤	٢,٠٠	١	٢	٤	٠	١٤	مثلث	جميع قطعة الارض هذه معمور
	٦,٠٠	٢	٣,	٦	٠	١٥	شرحه	
	١٤,٠٠	٢	٧	٨	٦	١٦	شبه منحرف	
	١٨,٠٠	٢	٩,	١٠	٨	١٧	شرحه	
	١٨,٠٠	٢	٩	٨	١٠	١٨	شبه	
	١٧٠٠	٢	٨,٥	٩	٨	١٩	شرحه	
	٢٠,٠٠	٢	١٠	١١	٩	٢٠	شرحه	
	٢٤,٠٠	٢	١٢	١٣	١١	٢١	شبه منحرف	
	٢٦,٠٠	٢	١٣	٠	٠	٢٢	مستطيل	
	٢٢,٠٠	٢	١١	٩	١٣	٢٣	شبه	
	٩,٠٠	٩	١	٢	٠	٢٤	مثلث	
	٠,٥٠	١	٠,٥	١	٠	٢٥	شرحه	
	٤,٠٠	٢	٢	٣	١	٢٦	شبه	
	٧,٨٠	٢,٥	٣,١٢	٣,٢٤	٣	٢٧	شرحه	
	١٦,٨٠	٢,٥	٦,٧٢	٠	٠	٢٨	مستطيل	
	١٨,٠٠	٣	٦	٧	٥	٢٩	شبه	
	١٠,٥٠	٣	٣,٥	٧,	٠	٣٠	مثلث	
	١٨,٠٠	٦	٣,	٦	٠	٣١	شرحه	
	٤٨,٠٠	٨	٦	٠	٠	٣٢	مستطيل	
	١٨,٠٠	٦	٣	٦	٠	٣٣	مثلث	
	٢٨٠,٠٠	٢٠	١٤	٠	٠	٣٤	مستطيل	
٦٣٩,٦٠	مم						مساحة قطعة الارض	

وأخيرا نضرب القاعدة المتوسطة فى الارتفاع لكل مساحة ونضع حاصل الضرب فى خانة المسطح الموافقة للقاعدة والارتفاع المذكورين

وحاصل جمع المسطحات ٦٣٩,٦ م م يكون هو مساحة قطعة الارض المطلوبة ثم نرمز لنصفها ٣١٩,٨ ميترا بالحرف ه ونأخذ من الشكل مسائح من جهة اليمين أو اليسار بمقدار كمية ه تقريبا

وأما الفرق فلابد أن يكون شكله مثلثيا أو رباعيا فنستخرج مقدار قاعدته أو ارتفاعه المجهول بمقتضى القواعد المتقدمة وبالانتهاء نرسم المستقيم القاسم المطلوب س ص

(تنبيه)

الطريقة السهلة لحساب مساحة الاربع عشر مساحة التى فوق القاعدة ا ه دفعة واحدة بدل تكرار عملية الضرب ١٤ مرة هى ان نقسم هذه القاعدة الى أربعة عشر جزءا متساوية ونرمز لاحدها بالرمز ع = ا بشرط أن يكون كل جزء من منحنيات الحدود مستقيما كما تقدم ثم نرمز بالرمز م لمجموع مساحة الاربع عشر مساحة ومقدار م يستخرج بضرب أحد الاقسام المتساوية ع فى حاصل جمع الارتفاعات والقانون العمومى هو

م = ع (ب بَ + ح حَ + ء ءَ + ... خَ)

ولنطبق هذا القانون على حساب الاربع عشر مساحة الموجودة فى الجدول المتقدم ولذلك نضع فى هذا القانون الارقام بدل الرموز فيؤل الى

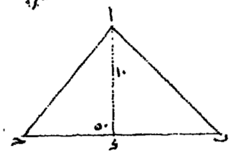
م = ١ (١+٢+١,٥+١,٥+٢+٣+٤+٥+٥+٦+٥+٤+٤) = ٤٤ م م

واذا كانت قطعة الارض المتقدمة لا يمكن الدخول فيها بسبب مانع ما فنحصرها فى داخل المستطيل م مَ مً مٌ ثم نجعل كل ضلع من أضلاعه قاعدة وننزل عليها أعمدة من النقط ب و ح و ء و ... خ ثم نطرح مجموع المسائح الحادثة من مساحة المستطيل م مَ مً مٌ فيكون باقى الطرح مقدار مساحة قطعة الارض المطلوبة

(فى مساحة الاشكال الهندسية)

(فى بيان مساحة الاشكال المستوية)

(بند ١)



مساحة أى مثلث تساوى نصف حاصل ضرب قاعدته فى ارتفاعه مثلا اذا فرضنا فى المثلث ا ب ح ان القاعدة ب ح = ٥٠ مترا والارتفاع ا ى = ١٠ أمتار

تكون مساحته = $\frac{٥٠ \times ١٠}{٢}$ = ٢٥٠ م م واذا كان الارتفاع ا ى مجهولا فيستخرج بعد موقعه وهو ى ح من هذا القانون

$$\overline{\text{ا ب}}^{2} = \overline{\text{ا ح}}^{2} + \overline{\text{ب ح}}^{2} - ٢\ \text{ب ح} \times \text{ح ى}$$ أو

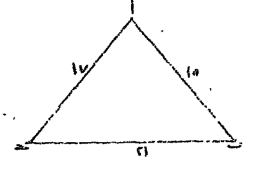
$$\text{ح ى} = \frac{\overline{\text{ا ح}}^{2} + \overline{\text{ب ح}}^{2} - \overline{\text{ا ب}}^{2}}{٢\ \text{ب ح}} = \text{ه}$$

ثم نستخرج الارتفاع ا ى من هذا القانون

$$\overline{\text{ا ى}}^{2} = \overline{\text{ا ح}}^{2} - \text{ه}^{2}$$

(بند ٢)

مساحة المثلث المعلومة أضلاعه الثلاث تساوى جذر نصف مجموع أضلاعه مضروبا فى نصف مجموع أضلاعه ناقصا الضلع الاول مضروبا فى نصف مجموع أضلاعه ناقصا الضلع الثانى مضروبا فى نصف مجموع أضلاعه ناقصا الضلع الثالث



مثلا اذا فرضنا فى المثلث ا ب ح ان الضلع ا ب = ١٥ مترا والضلع ا ح = ١٧ مترا والضلع ب ح = ٢١ مترا فتكون مساحته

مساحته = $\sqrt{٢٦,٥ (٢٦,٥ - ١٠) (٢٦,٥ - ١٧) (٢٦,٥ - ٢١)}$ أو

مساحته = $\sqrt{٢٦,٥ \times ١١,٥ \times ٩,٥ \times ٥,٥}$ أو

مساحته = $\sqrt{١٥٩٢٣,١٨٧٥}$ أو

مساحته = ١٢٦,١٨٧ مترا مربعا

(بند ٣)

مساحة المثلث المرسوم خارج الدائرة تساوي نصف مجموع أضلاعه مضروبا في نصف قطر الدائرة المرسومة داخله مثلا في المثلث ا ب ح المرسوم خارج الدائرة التي نصف قطرها = ١٦ مترا اذا فرضنا ان ضلعه ا ب = ٣٠ مترا وضلعه ا ح = ٣٥ مترا وضلعه ب ح = ٥٥ مترا فتكون

مساحته = $\frac{١}{٢}$ (٣٠ + ٣٥ + ٥٥) ١٦

أو مساحته = ٩٦٠ مترا مربعا

(بند ٤)

مساحة المثلث المرسوم داخل الدائرة تساوي حاصل ضرب أضلاعه الثلاثة في بعضها مقسوما على ضعف قطر الدائرة المرسومة خارجه

مثلا اذا فرضنا في المثلث ا ب ح المرسوم داخل الدائرة التي نصف قطرها ٢,٥ م ان الضلع ا ب = ٣ م وان الضلع ا ح = ٤ م والضلع ب ح = ٥ م فتكون

مساحته = $\frac{٣ \times ٤ \times ٥}{٢ \times ٥}$ = $\frac{٦٠}{١٠}$ أو

مساحته = ٦ م م

(بند ٥)

مساحة المستطيل تساوى حاصل ضرب قاعدته فى ارتفاعه

مثلا اذا فرضنا فى المستطيل ا ب حـ ء ان قاعدته ب حـ = ١٠٠م وارتفاعه ء حـ = ١٠م فتكون مساحته = ١٠٠ × ١٠ = ١٠٠٠مم

ومساحة متوازى الاضلاع والمعين كمساحة المستطيل

(بند ٦)

مساحة المربع تساوى تربيع أحد أضلاعه

مثلا اذا فرضنا فى المربع ا ب حـ ء ان أحد أضلاعه ا ب = ١٠٠م فتكون مساحته = $\overline{١٠٠}^{٢}$ = ١٠٠٠٠ ميتر مربع

(بند ٧)

مساحة شبه المنحرف تساوى نصف مجموع القاعدتين المتوازيتين مضروبا فى الارتفاع

مثلا اذا فرضنا فى الشبه المنحرف ا ب حـ ء ان قاعدته العليا ا ب = ٤٠م وقاعدته السفلى حـ ء = ٨٠م وارتفاعه ا هـ = ١٠م فتكون مساحته = $\left(\frac{٨٠+٤٠}{٢}\right)$ ١٠ أو مساحته = ٦٠٠مم مربع

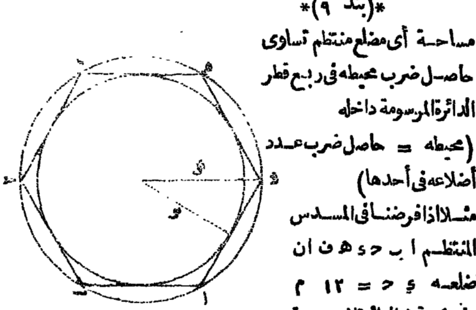
(بند ٨)

مساحة المنحرف تساوى حاصل ضرب قطره فى نصف مجموع العمودين النازلين من الزاويتين المتقابلتين على هذا القطر

مثلا

مثلا اذا فرضنا فى المنحرف ا ب ح ى
ان قطره ا ح = ٨٤ م و
العمود ى ه = ٢٨ م و
العمود ح ب = ٢١ م . فتكون
مساحته = ٨٤ $\frac{(٢٨+٢١)}{٢}$ =
٢٠٥٨ مترا مربعا

(بند ٩)



مساحة أى مضلع منتظم تساوى حاصل ضرب محيطه فى ربع قطر الدائرة المرسومة داخله

(محيطه = حاصل ضرب عدد أضلاعه فى أحدها)

مثلا اذا فرضنا فى المسدس المنتظم ا ب ح ى ه ف ان ضلعه ى ح = ١٢ م ونصف قطر الدائرة المرسومة داخله نق = ١٠,٣٩٢ م

فتكون مساحته = ١٢ × ٦ × $\frac{١٠,٣٩٢}{٢}$ أو

مساحته = ٣٧٤,١١٢ م م

أو مساحته تساوى نصف محيطه مضروبا فى نصف قطر الدائرة المرسومة داخله

يعنى ٣٦ × ١٠,٣٩٢ = ٣٧٤,١١٢

واذا كان نصف قطر الدائرة المرسومة داخل الشكل المنتظم مجهولا فنستخرج مقداره من هذا القانون

$$نق^{٢} = نقَ^{٢} - \frac{ص^{٢}}{٤}$$

الذى فيه نق نصف قطر الدائرة المرسومة داخل الشكل ونَق نصف قطر الدائرة المرسومة خارجه و ض ضلع الشكل

و بوضع الفروضات المتقدمة فى القانون المذكور نجد

نق^٢ = ١٢^٢ − $\frac{١٢^٢}{٤}$ = ١٠٨ أو

نق = $\sqrt{١٠٨}$ = ١٠,٣٩٢ م

(طريقة سهلة لايجاد مساحة المسدس المنتظم)

وهى ان نضرب مربع ضلعه فى هذا العدد ٢,٥٩٨ وباجراء ذلك على الفروض المتقدمة نجد مساحة المسدس الذى ضلعه ١٢م = ١٢^٢ × ٢,٥٩٨ = ٣٧٤,١١٢ مترا مربعا

(بند ١٠)

مساحة أى مضلع منتظم تساوى حاصل ضرب محيطه فى جذر أربعة أمثال مربع نصف قطر الدائرة المرسومة خارجه ناقصا مربع ضلعه مقسوما كل ذلك على أربعة أعنى

$$\text{س} = \frac{\text{ع} \times \text{ا} \sqrt{٤\,\text{نق}^٢ - \text{ا}^٢}}{٤}$$

وهنا س مساحة المضلع و ع عدد أضلاعه و ا طول أحدها و نق نصف قطر الدائرة المرسومة عليه

و بوضع الفروضات المتقدمة فى بند ٩ بهذا القانون نجد

$$\text{س} = \frac{٦ \times ١٢ \sqrt{٤ \times ١٢^٢ - ١٢^٢}}{٤} = \frac{٧٢}{٤}\sqrt{٤٣٢} \quad \text{أو}$$

س = ٣٧٤,١١٢ مم

(ملحوظة)

تتعلق بالارتباط الواقع بين ضلع الشكل المنتظم ونصف قطر الدائرة المرسومة عليه وذلك مما يحتاج اليه كثيرا فى الاشغال

أولا نسبة ضلع المثلث المنتظم المرسوم فى الدائرة لنصف قطرها كنسبة $\sqrt{٣}$: ١

ثانيا نسبة ضلع المربع المرسوم فى الدائرة لنصف قطرها كنسبة $\sqrt{٢}$: ١

ثالثا

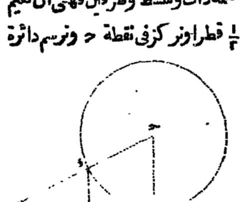
ثالثا ضلع المخمس المنتظم المرسوم فى الدائرة يساوى حاصل ضرب نصف قطرها فى هذا العدد ١٧٥٥ ,١ تقريبا

وضلع المخمس المنتظم المرسوم فى الدائرة هو وتر مثلث قائم الزاوية أحد ضلعيها نصف قطرها والآخر ضلع المعشر

رابعا ضلع المسدس المنتظم المرسوم فى الدائرة يساوى نصف قطرها

خامسا ضلع المعشر المنتظم المرسوم فى الدائرة يساوى القسم الاكبر من نصف قطرها اذا قسم قسمة ذات وسط وطرفين أو يساوى حاصل ضرب نصف قطرها فى هذا العدد ٦١٣ ,٠ تقريبا

وأما الطريقة الرسمية لقسمة مستقيم ا ب الى قسمة ذات وسط وطرفين فهى ان نقيم من نهايته ب عمود ب ح بقدر نصفه ونجعله ½ قطرا ونركز فى نقطة ح ونرسم دائرة ثم نصل المستقيم ا ح



فيقطع المحيط فى نقطة د فاذا أخذنا ا س = ا د كان ا س هو القسم الاكبر و س ب هو القسم الاصغر

(بند ١١)

مساحة أى شكل غير منتظم مهما كانت حدوده تستخرج كما تقدم فى المسألة الخامسة والثلاثين من تقسيم السطوح

(بيان مساحة السطوح المستديرة)

(فى مساحة الدائرة وأجزائها)

(بند ١٢)

(مساحة الدائرة)

لحصر حالات الدائرة ومحيطها نضع هذين القانونين الاصلين

$$ط = ٣,١٤١٦ \text{ تقريبا } = \frac{\text{المحيط}}{٢\,\text{نق}} \quad (١) \quad و$$

$$ط = ٣,١٤١٦ \text{ تقريبا } = \frac{ء}{\text{نق}^٢} \quad (٢)$$

بالرمز بحرف ء لمساحة الدائرة

فمن قانون (١) نستخرج نصف قطر الدائرة نق متى علمنا محيطها يعنى

$$\text{نق} = \frac{\text{المحيط}}{٢ \times ٣,١٤١٦} \quad (٣)$$

ومنه أيضا نستخرج محيط الدائرة متى علمنا قطرها يعنى المحيط = ٢ نق × ٣,١٤١٦ تقريبا (٤)

وأما من قانون (٢) فنستخرج منه مساحة الدائرة متى علمنا نصف قطرها يعنى

$$ء = \text{نق}^٢ \times ٣,١٤١٦ \quad (٥)$$

ومنه أيضا نستخرج نصف قطر الدائرة متى علمنا مساحتها يعنى

$$\text{نق} = \sqrt{\frac{ء}{٣,١٤١٦}} \quad (٦)$$

ولنوضح الاربعة قوانين (٣) و (٤) و (٥) و (٦) المتقدمة المستخرجة من القانونين (١) و (٢) الاصلين بأربعة مسائل فنقول

(المسألة الاولى)

المطلوب معرفة نصف قطر الدائرة التى محيطها ٣١٤و١٦ م

جواب ذلك ان نضع مقدار المحيط ٣١٤و١٦ م فى قانون (٣) فيؤل الى

$$\text{نق} = \frac{٣١٤,١٦\text{م}}{٢ \times ٣,١٤١٦} = \frac{٣١٤,١٦}{٦,٢٨٣٢} = ٥٠\text{م}$$

يعنى ان نصف قطر الدائرة يساوى خارج قسمة محيطها على ضعف النسبة

المسألة

(المسألة الثانية)

المطلوب معرفة محيط الدائرة التى نصف قطرها ٥٠م
جواب ذلك ان نضع مقدار نصف القطر ٥٠ م فى قانون (٤) فيؤل الى

المحيط = ٢ × ٥٠م × ٣،١٤١٦ = ٣١٤،١٦م

يعنى ان محيط الدائرة يساوى قطرها مضروبا فى النسبة

(المسألة الثالثة)

المطلوب معرفة مساحة الدائرة التى نصف قطرها ٥٠ ميترا
جواب ذلك أن نضع مقدار نصف القطر ٥٠م فى قانون (٥) فيؤل الى

ى = ٥٠^{٢} × ٣،١٤١٦ = ٧٨٥٤ مم

يعنى ان مساحة الدائرة تساوى مربع نصف قطرها مضروبا فى النسبة بين المحيط والقطر

(المسألة الرابعة)

المطلوب معرفة نصف قطر الدائرة التى مساحتها ٧٨٥٤ مم
جواب ذلك أن نضع مقدار مساحة الدائرة وهو ٧٨٥٤ مم فى قانون (٦) فيؤل الى

$$\text{نق} = \sqrt{\frac{٧٨٥٤}{٣،١٤١٦}} = ٥٠\text{م}$$

يعنى أن نصف قطر الدائرة يساوى جذر خارج قسمة مساحتها على النسبة
وأيضا مساحة الدائرة تساوى نصف المحيط مضروبا فى نصف القطر
وبوضع الفرض المتقدم نجد

$$ى = \frac{٣١٤،١٦\text{م}}{٢} \times \frac{١٠٠}{٢} = ٧٨٥٤ \text{ مم}$$

وأيضا مساحة الدائرة تساوى مربع قطرها مضروبا فى ربع النسبة يعنى

ى = ١٠٠^{٢} × ٠،٧٨٥٤ = ٧٨٥٤ مم

(بند ١٣)

مساحة قطاع الدائرة يساوى حاصل ضرب قوسه فى ربع قطر دائرته يعنى

مساحة القطاع = قوسه × $\frac{\text{نق}}{٢}$ (١)

المطلوب ايجاد مساحة قطاع دائرة طول قوسه ٦٤م
ونصف قطره ٢٥ م



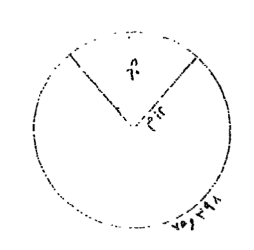
جواب ذلك ان نضع المقادير المفروضة فى قانون (١)
فيؤل الى مساحة القطاع = ٦٤ × $\frac{٢٥}{٢}$ = ٨٠٠مم
وأما اذا كان طول القوس غير معلوم بالامتار بل معلوم
بالدرج فنحوّل الدرج الى أمتار بهذا التناسب

القوس : محيط الدائرة :: درج القوس : ٣٦٠° أو

القوس = $\frac{\text{المحيط × درج القوس}}{٣٦٠°}$ . . . . . . (٢)

(مسألة)

المطلوب ايجاد مساحة قطاع دائرة قوسه ٦٠°
ونصف قطره ١٢ م
جواب ذلك ان نستخرج أوّلا مقدار محيط
الدائرة التى نصف قطرها ١٢ م من قانون
(٤) بند ١٢
فبعد وضع المقادير فيه يؤل الى ان المحيط = ٢
× ١٢ م × ٣,١٤١٦ تقريبا أو
المحيط = ٧٥,٣٩٨م



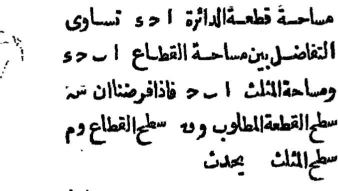
ونحوّل ثانيا درج القوس المعلوم ٦٠° الى أمتار بقانون (٢) فبعد وضع المقادير فيه
يؤل الى

القوس = $\frac{\text{٧٥,٣٩٨م × ٦٠°}}{٣٦٠°}$ أو

القوس = ١٢,٥٦ م
وثالثا نستخرج مساحة القطاع من قانون (١) فبعد وضع المقادير فيه يؤل الى
مساحة القطاع = ١٢,٥٦م × $\frac{١٢م}{٢}$
مساحة القطاع = ٧٥,٣٦ مم

*(بند

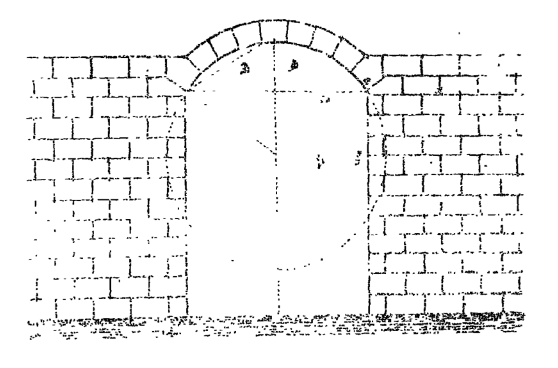
(بند ١٤)



مساحة قطعة الدائرة ا ح ء تساوى
التفاضل بين مساحة القطاع ا ب ح ء
ومساحة المثلث ا ب ح فاذا فرضنا ان س
سطح القطعة المطلوب و ق سطح القطاع و م
سطح المثلث يحدث

$$س = ق - م \quad (١)$$

وحيث تقدم مقدار مساحة القطاع فى بند ١٣
ومساحة المثلث فى بند ١ فلا حاجة للتطبيق على هذا القانون
وكثيرا ما يطلب فى العمارات حساب مساحة عقد شكل قطاعه قطعة دائرة لا يعلم
منها الا وترها وسهمها وطول قوسها او يكون المجهول قطر دائرتها المؤسس عليه قانون
مساحة قطعة الدائرة ففى هذه الحالة نستخرج القطر ق من هذا التناسب



هـ : ت :: ت : ق ـ هـ   أو

$$ق = \frac{ت^٢ + هـ^٢}{هـ} \quad (٢)$$

يعنى ان القطر يساوى خارج قسمة مربع نصف الوتر ت مضافا اليه مربع السهم هـ على السهم هـ ومنه نستخرج نصف الوتر ت متى علمنا السهم والقطر فنجد

$$ت = \sqrt{هـ \times ق - هـ^٢} \quad (٣)$$

ومنه نستخرج أيضا السهم هـ متى علمنا القطر ونصف الوتر فنجد

$$هـ = \frac{١}{٢} ق \pm \sqrt{\frac{١}{٤} ق^٢ - ت^٢} \quad (٤)$$

(تنبيه)

متى أمكن قياس القوس بواسطة لف الشريط المقسم أمتارا على أجزاء منحنى العقد يسهل عمل حسابات كثيرة

وهذا القانون القوس $= \frac{٨هـ - ٢ت}{٣}$ (٥)

يعلم منه طول القوس

يعنى ان مقدار القوس يساوى خارج قسمة ثمانية أمثال وتر نصفه ناقصا وتره على ثلاثة

(مسألة)

المطلوب معرفة مساحة قطعة دائرة سهمها ٨ م ونصف وترها ١٢ م وطول قوسها ٤٥ ,٣٠ م

جواب ذلك ان تستخرج أولا قطرها بوضع المقادير المعلومة فى قانون (٢) فيؤل الى

$$ق = \frac{١٢^٢ + ٨^٢}{٨} = \frac{٢٠٨}{٨} = ٢٦ \text{ م}$$

ونستخرج ثانيا مساحة القطاع فنجد

القطاع = ٤٥ ,٣٠ م × ٥ ,٦ م = ٩٢٥ ,١٩٧ م م

ونستخرج ثالثا مساحة المثلث فنجد

$$المثلث = \frac{١٢ \times ٥}{٢} = \frac{٦٠}{٢} = ٣٠ \text{ م م}$$

وأخيرا نطرح مساحة المثلث من مساحة القطاع فيكون الباقى مساحة القطعة أى ان

القطعة = ٩٢٥ ,١٩٧ م م − ٣٠ م م = ٩٢٥ ,١٦٧ م م

(مسألة)

(مسألة)

المطلوب معرفة مقدار قوس دائرة وتره ٢٤ م ومقدار وتر نصفه ١٤,٤٢٢ م
جواب ذلك ان نضع المقادير المعلومة بدل رمزى ت وه فى قانون (٥) فنجد

القوس = (٨×١٤,٤٢٢م − ٢٤) / ٣ = ٣٠,٤٥٨ م

(بند ١٥)

مساحة سطح الحلقة الدائرية تساوى حاصل ضرب مجموع قطرى دائرتيها فى تفاضلهما
فى ربع النسبة ٠,٨٧٥٤
فاذا فرضنا ان ا ب = ىه وحـ
ء = ىهَ وان صه سطح الحلقة نجد
صه = (ىه + ىهَ) (ىه − ىهَ)
½ ط (١)
فاذا كان ىه = ١٠ م وىهَ
= ٦ م نجد
صه = (١٠ + ٦) (١٠ − ٦) ٠,٨٧٥٤ أو ص = ٥٠,٢٦٥٦ مم

وأيضا مساحة سطح الحلقة تساوى حاصل ضرب محيط الدائرة المتوسطة ه هَ هً
بين محيطى دائرتيها فى المسافة الكائنة بين هذين المحيطين التى هى ب ء يعنى

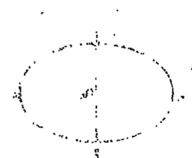
صه = ه هً × ط × ب ء (٢)

فاذا وضعنا المقادير المفروضة فى هذا البند نجد

صه = ٨ م × ٣,١٤١٦ × ٢ م = ٥٠,٢٦٥ م م

(بند ١٦)

القطع الناقص يحدث من قطع مخروط ذى قاعدة مستديرة بمستو مائل على محوره
محيط القطع الناقص يساوى حاصل ضرب نصف مجموع محوريه فى النسبة ط
فاذا فرضنا ان م محيط القطع الناقص نجد



م = (ءهـ + هـ ا) ط (١)

فاذا كان ء هـ = ١٢ م وهـ ا = ٩ م نجد

م = (١٢ + ٩) ١٤١٦ و٣ = ٩٧ و٦٥ م

ومساحة سطح القطع الناقص تساوى حاصل ضرب نصفى محوريه فى النسبة ط

فاذا فرضنا ان ح مساحة سطح القطع الناقص نجد

ح = ا هـ × ءهـ × ط (٢)

فاذا وضعنا الفروض المتقدمة فى هذا البند فى قانون (٢) يؤل الى

ح = ٩ م × ١٢ م × ١٤١٦ و٣ = ٢٩ و٣٣٩ م م

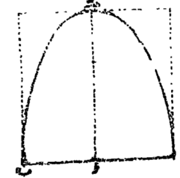
وأيضا مساحة القطع الناقص تساوى حاصل ضرب محوريه فى ربع النسبة أعنى

ح = ء ءَ × ا اَ × $\frac{1}{4}$ ط (٣)

فاذا وضعنا المفروض المذكورة فى (٣) يؤل الى

ح = ٢٤ م × ١٨ م × ٧٨٥٤ و٠ = ٢٩ و٣٣٩ م م

(بند ١٧)



القطع المكافئ يحدث من قطع مخروط ذى قاعدة مستديرة بسطح موازلاحد رواسمه

مساحة سطح القطع المكافئ تساوى ثلثى المستطيل المنشأ عليه فاذا فرضنا ان ص مساحة سطح القطع المكافئ ا ح ب تكون

ص = $\frac{2}{3}$ × ح ء × ا ب (١)

فاذا فرضنا ان محوره ح ء = ٩٨ م و سهمه ا ب = ٨٤ م فتكون

ص = $\frac{2}{3}$ × ٩٨ م × ٨٤ م = ٥٤٨٨ م م

(بند ١٨)

منحنى العقد السبتينى يحدث من تقاطع قوسى دائرة متساوين والزاوية المركزية لكل منهما ٦٠°

محيط

محيط منحني العقد الستيني يساوي ثلث محيط الدائرة التي نصف قطرها راسم قوس المنحني المذكور فاذا فرضنا ان م محيط منحني العقد الستيني أعني ان م = قوس ح ء + قوس ء ه وأن نق نصف قطر هذا القوس نجد

$$م = \frac{٢ \text{ نق} \times ط}{٣} \qquad (١)$$

فاذا فرضنا ان نق = ١٠ م نجد

$$م = \frac{٣,١٤١٦ \times ١٠ \times ٢}{٣} = ٢٠,٩٤ \text{ م}$$

مساحة سطح العقد الستيني تساوي ضعف احدى قطعتيه مضافا اليها مساحة المثلث

فاذا فرضنا ان ص مساحة سطح العقد الستيني و ع مساحة سطح احدى قطعتيه ح ے ء و ث مساحة مثلث ه ء ح نجد

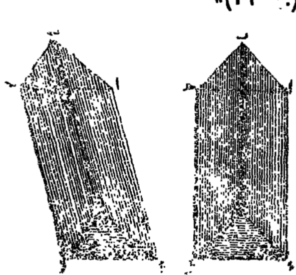
$$ص = ٢ ع + ث \qquad (٢)$$

وقد سبق عمل تطبيقات على مساحة القطعة ومساحة المثلث فلا حاجة هنا لاعمال تطبيقات أخر

(في بيان مساحة حجم الاجسام الهندسية وسطوحها)

(بيان الاجسام المحاطة بسطوح مستوية)

(بند ١٩)



مساحة حجم أي منشور تساوي حاصل ضرب مساحة قاعدته في ارتفاعه

(ارتفاعه هو العمود النازل من احدى نقط قاعدته العليا على قاعدته السفلى الموازية لها)

فاذا فرضنا ان ج حجم المنشور و ه مساحة قاعدته و ى ارتفاعه نجد

ح = ق × ر (١)

مثلا اذا فرضنا فى المنشور المثلثى ا ب ح ء ه و ان مساحة سطح قاعدته وهى المثلث ء و ه = ق = ١٠٠م م

وان ارتفاعه ب ه = ر = ٤ م فيكون

ح = ١٠٠ م م × ٤ م = ٤٠٠ م م م

والمنشور المثلثى هو نصف متوازى السطوح المتحدة فى القاعدة والارتفاع وأيضا بواسطة قانون (١) نعلم حجم المكعب وحجم متوازى المستطيلات وحجم متوازى السطوح

(بند ٢٠)

مساحة السطح المحدب للمنشور والسطح المحدب للمكعب ولمتوازى المستطيلات ولمتوازى السطوح تساوى حاصل ضرب محيط قاعدته فى ارتفاعه

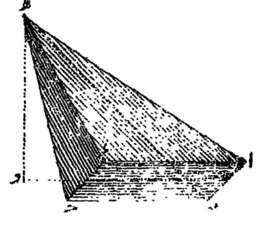
فاذا فرضنا ان ص مساحة السطح المحدب للمنشور المثلثى ا ب ح ء ه و الذى قاعدته مثلث ء و ه وان ر ارتفاعه تكون

ص = (ء ه + و ه + و ء) ر (٢)

مثلا اذا كان ضلع ء ه = ١٥ م و و ه = ١٠ م و و ء = ٢٠ م و ر = ٥ م نجد

ص = (١٥ م + ١٠ م + ٢٠ م) ٥ م = ٤٥ م × ٥ م = ٢٢٥ م م

مساحة حجم المنشور المثلثى الناقص (المقطوع بمستو مائل على قاعدته) تساوى حاصل ضرب مساحة قاعدته فى ثلث مجموع أضلاعه الثلاثة العمودية على مستوى تلك القاعدة أعنى ح = ء و ه × $\frac{1}{3}$ (ا ء + ب ه + ح و) (٣)





*(بند

(بند ٢١)

الهرم هو ثلث المنشور المتحد معه في القاعدة والارتفاع

مساحة حجم الهرم تساوى ثلث حاصل ضرب مساحة قاعدته في ارتفاعه

فاذا فرضنا ان ح مساحة حجم الهرم وان ق مساحة سطح قاعدته و ر ارتفاعه فتكون

ح = $\frac{1}{3}$ ق × ر (١)

مثلا اذا كان الهرم هـ ا ب حـ ء مربعا ضلع قاعدته المربعة ا ب = ٨م وارتفاعه هـ و = ر = ٢١ م فتكون مساحة حجمه

ح = $\frac{1}{3}$ × ٨م^2 م × ٢١ م = ٤٤٨ م م م

(بند ٢٢)

مساحة السطح المحدب للهرم تساوى مجموع مساحة المثلثات المحيطة به ورؤسها رأس الهرم (وهى أوجهه)

مثلا اذا فرضنا ان ص مساحة السطح المحدب لهرم مربعى ضلع قاعدته ا ب = ٨ م وان العمود النازل من رأسه هـ على ضلع قاعدته ا ب وهو هـ ح = ٢٤ م فتكون

ص = $\frac{\text{٨م × ٢٤م}}{٢}$ ٤ = ٣٨٤م م

(بند ٢٣)

الهرم الناقص هو الجزء الاسفل الباقى من الهرم المقطوع بمستو موازلقاعدته بعد حذف الهرم الاعلى المشتمل على الرأس

الهرم الناقص يكافئ ثلاثة اهرام قواعدها القاعدة السفلى والقاعدة العليا والوسط المتناسب بينهما وارتفاعاتها واحدة وهى ارتفاع الهرم الناقص

وبناء على ذلك تكون مساحة حجم أى هرم ناقص تساوى حاصل ضرب سطح قاعدته السفلى والعليا والوسط المتناسب بينهما فى ثلث ارتفاعه

فاذا فرضنا ان ح مساحة حجم الهرم الناقص و ق مساحة سطح قاعدته السفلى و قَ مساحة سطح قاعدته العليا و ر ارتفاعه فتكون

ح = (ق + قَ + $\sqrt{\text{ق × قَ}}$) $\frac{1}{3}$ ر (١)

مثلا اذا فرضنا هرما مربعا ا ب حـ ء ضلع قاعدته السفلى ا ب = ٨ م

وضلع قاعدته العليا ى ح = ٥ م وارتفاعه ر = ١٢ م
فتكون مساحة حجمه

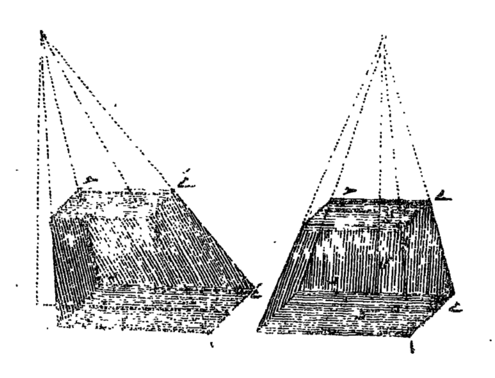
ح = (٨ ٢م + ٥ ٢م + ٧ (٨ ٢ × ٥ ٢)) ١/٣ ١٢ م

ح = (٨٩ م + ٤٠ م) × ٤ م = ٥١٦ م م م

وأيضا مساحة حجم أى هرم ناقص ا ب حـ ى تساوى مساحة حجم الهرم الكامل ك ب ا ناقصا مساحة حجم الهرم الأعلى المحذوف ك ح ى حـ
وأما البعد ك ب فيستخرج كما تقدم فى مسائل تقسيم شبه المنحرف

(بند ٢٤)

مساحة السطح المحدب للهرم الناقص تساوى مجموع مساحة الاشباه المنحرفة المحيطة به (وهى أوجهه)



(بند ٢٥)

تعيين مساحة حجم كل جسم كثير القواعد بواسطة تحليله الى اهرامات ولذلك جملة طرق أحسنها هى أن تمرر مستويات التقاسيم من زاوية مجسمة واحدة فتحدث

فتحدث جملة اهرامات عددها بقدر عدد أوجه كثير القواعد الا الوجهين المكونين للزاوية المجسمة المارة منها مستويات التقاسيم المذكورة وتلك الاهرامات يمكن تحليلها الى أشكال كل منها ذو ثلاثة أوجه وذلك يكون بقسمة قواعد تلك الاهرامات الى مثلثات

(في بيان مساحة حجم الاجسام المحاطة بسطوح منحنية)

(بند ٢٦)

الاسطوانة ذات القاعدة المستديرة تحدث من دوران مستطيل ا ب ح ء (أو مربع) حول أحد أضلاعه ح ء

مساحة حجم الاسطوانة تساوى حاصل ضرب مساحة قاعدتها في ارتفاعها

فاذا فرضنا ان ح مساحة حجم الاسطوانة و نق٢ط مساحة قاعدتها و ر ارتفاعها فتكون

ح = نق٢ط × ر (١)

مثلا اذا كان نق = ٥ م و ر = ٤ م فتكون

ح = ٥٢ م × ١٤١٦ر٣ × ٤ م = ١٦ ر٣١٤ م م م

(بند ٢٧)

مساحة السطح المحدب للاسطوانة تساوى حاصل ضرب محيط قاعدتها في ارتفاعها

فاذا فرضنا ان ص مساحة سطحها المحدب يكون

ص = قطرها × ط × ر (٢)

مثلا اذا كان ارتفاعها ر = ٥ م ونصف قطر قاعدتها نق = ٥ م

فتكون مساحة السطح المحدب للاسطوانة ص = ١٠ م × ١٤١٦ر٣ × ٥ م

= ٠٨ر١٥٧ م م

ولاجل ايجاد قطر قاعدة اسطوانة بطريقة عملية سهلة يلف على محيط قاعدتها خيط رفيع ثم يقسم طوله على ط = ٣،١٤١٦ فخارج القسمة يكون هو القطر المطلوب

(بند ٢٨)

المخروط ذو القاعدة المستديرة يحدث من دوران مثلث ا ب ح قائم الزاوية حول أحد أضلاع القائمة ا ب

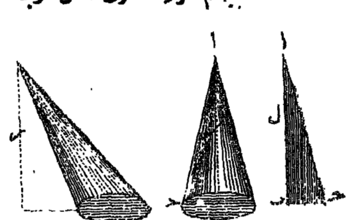
كل مخروط هو ثلث الاسطوانة المتحدة معها فى القاعدة والارتفاع

مساحة جسم المخروط تساوى حاصل ضرب مساحة قاعدته فى ثلث ارتفاعه

فاذا فرضنا ان ح مساحة جسم المخروط و ط نق² مساحة قاعدته و ر ارتفاعه تكون

ح = ط نق² × ١/٣ × ر (١)

مثلا اذا كان قطر قاعدته ب ح = ٥ م وارتفاعه ر = ١٢م فتكون مساحة جسمه



ح = ٣،١٤١٦ × ٢،٥² × ١/٣ ١٢ م = ٧٨،٥٤ م م م

(بند ٢٩)

مساحة السطح المحدب للمخروط القائم ص تساوى حاصل ضرب محيط قاعدته فى نصف المستقيم الراسم له فيكون

ص = ٢ نق × ط × ١/٢ ا ب (١)

وبوضع المقادير المفروضة المتقدمة وجعل ا ب = ٢٧ م نجد

ص = ٢ × ٥ × ٣،١٤١٦ × ١/٢ ٢٧ م أو

ص = ٤٢٤،١١٦ م م

(بند ٣٠)

وكيفية ايجاد مساحة السطح المحدب للمخروط المائل هى ان نقسم محيط قاعدته المستديرة

المستديرة الى أجزاء صغيرة بشرط أن تكون مستقيمات ثم نصل من نقط التقاسيم لرأس المخروط فيكون حاصل جمع مساحات المثلثات الحادثة هو مساحة السطح المحدب للمخروط المائل

واذا كان الارتفاع ر للمخروط ا ب د مجهولا نستخرجه من هذا القانون

$$ر^٢ = \overline{ا ب}^٢ - \overline{ب د}^٢$$

(بند ٣١)

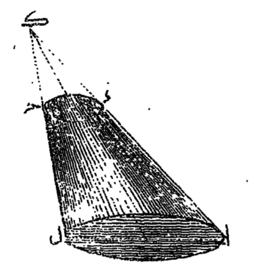
المخروط الناقص هو الجزء الاسفل الباقي من المخروط المقطوع بمستو موازلقاعدته بعد حذف المخروط الأعلى المشتمل على الرأس

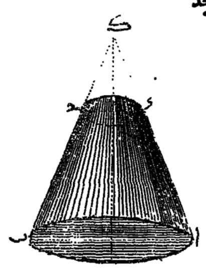
وهو حادث من دوران شبه منحرف ا ب د ي قائم الزاويتين ا و ي حول ارتفاعه ا ي

المخروط الناقص يكافئ ثلاثة مخاريط ارتفاعها واحد وهو ارتفاع المخروط الناقص وقواعدها قاعدته العليا والسفلى والوسط المتناسب بينهما وبناء على ذلك تكون

مساحة حجم اى مخروط ناقص تساوى حاصل ضرب سطح قاعدته السفلى والعليا والوسط المتناسب بينهما فى ثلث ارتفاعه

فاذا فرضنا ان ح مساحة حجم المخروط الناقص ا ب ج ي وان نق نصف قطر قاعدته السفلى هـ ب و نقَ نصف قطر قاعدته العليا و ج و ر ارتفاعه و هـ نجد





$ح = (نق^٢ ط + نَق^٢ ط + نق ط × نَق ط) \frac{١}{٣} ر$ أو

$ح = (نق^٢ + نَق^٢ + نق × نَق) ط × \frac{١}{٣} ر$ (١)

مثلا اذا كان نق = ٣,٥ م و نَق = ٢ م و ر = ١٥ م فقانون (١) يؤول الى

$ح = (٣,٥^٢ م^٢ + ٢^٢ م^٢ + ٣,٥ × ٢) ٣,١٤١٦ × \frac{١}{٣} ١٥ م$ أو

ح = ٢١١,٣٦٥ م م م

وأيضا مساحة حجم المخروط الناقص ا ب حـ ء تساوى مساحة حجم المخروط الكامل ا ب ك ناقصا حجم المخروط المحذوف ء حـ ك

(بند ٣٢)

مساحة السطح المحدب صه للمخروط الناقص القائم ا ب حـ ء تساوى حاصل ضرب نصف مجموع محيطى قاعدتيه المتوازيتين ا ب و حـ ء فى أحد رواسمه (أى ضلعه) ا ء أعنى

$صه = \frac{ا ب × ط + حـ ء × ط}{٢} × ا ء$ أو

$صه = \left(\frac{ا ب + حـ ء}{٢}\right) ط × ا ء$ (٢)

وبوضع الفروض المتقدمة فى (بند ٣١) وجعل ضلع ا ء = ١٥,٠٧ م فى قانون (٢) نجد

$صه = \left(\frac{٧ م + ٤ م}{٢}\right) ٣,١٤١٦ × ١٥,٠٧ م$ أو

صه = ٢٦٠,٣٩ م م

وأيضا مساحة السطح المحدب للمخروط الناقص القائم تساوى حاصل ضرب محيط قاعدته المتوسطة فى أحد رواسمه

مساحة السطح المحدب من المخروط الناقص المائل تساوى مجموع مساحات الاشباه المنحرفة الحادثة من تقسيم كل من قاعدتيه المتوازيتين الى أقسام متساوية فى العدد وصغيرة بشرط أن تكون مستقيمات وتوصيل نقط التقاسيم المتناظرة ببعضها

*(بند

(بند ٣٣)

الكرة تحدث من دوران نصف دائرة ا ح ب حول قطرها ا ب

مساحة سطح الكرة تساوى حاصل ضرب قطرها فى محيط دائرتها العظيمة

(والدائرة العظيمة هى كل دائرة مرت بمركز الكرة وماعداها دوائر صغيرة)

وينتج من ذلك ان سطح الكرة يساوى أربع دوائر عظام لانا اذا فرضنا ان ص مساحة سطح الكرة ا ب ح ء وقطرها ا ح = ٢ نق نجد

ص = ٢ نق × ٢ نق ط أو

ص = ٤ $\text{نق}^{٢}$ ط (١)

مثلا اذا فرضنا ان نصف قطر الكرة ا م = نق = ١٠ م نجد ان

مساحة سطحها ص = ٤ × $١٠^{٢}$ × ٣,١٤١٦ = ١٢٥٦,٦٤ م م

ومن قانون (١) نعلم نصف قطر الكرة نق اذا علمنا سطحها أعنى

نق = $\frac{١}{٢}\sqrt{\frac{\text{ص}}{\text{ط}}}$ (٢)

واذا وضعنا هنا الفروض المتقدمة نجد

$$\text{نق} = \frac{١}{٢}\sqrt{\frac{١٢٥٦,٦٤٠٠}{٣,١٤١٦}} = ١٠ \text{ م}$$

(بند ٣٤)

لايجاد قطر الكرة بطريقة عملية سهلة نضع الكرة على المستوى ح ء الافقى ثم نحصرها بين مستويين س هـ و ص ل بشرط أن يكونا متوازيين ومماسين لها وعمودين على المستوى ح ء الافقى



فتكون المسافة سه صه = ه ل الحادثة بين هذين المستويين قطر الكرة
واذا كانت الكرة م ر سـ وما عليها دائرة عظيمة وأردنا ايجاد نصف قطرها نقسم محيطها
على ط فيكون خارج القسمة مقدار القطر المطلوب

(بند ٣٥)

مساحة حجم الكرة ح تساوى حاصل ضرب سطحها صه فى ثلث نصف قطرها نق أعنى
ح = صه × ⅓ نق (١) وبوضع مقدار صه هنا عوضا عنها نجد
ح = ٤ نق٢ ط × ⅓ نق أو
ح = ٤/٣ نق٣ ط (٢)
ومن قانون (١) نعلم سطح الكرة متى علمنا حجمها يعنى

صه = ح / (⅓ نق) (٣)

مثلا اذا فرضنا ان نصف قطر الكرة = ١٠ م فتكون مساحة حجمها بموجب
قانون (٢)
ح = ٤/٣ × ١٠٣ × ٣,١٤١٦ = ٤١٨٨,٨ م م م
وبتطبيق هذا الفرض على قانون (٣) نجد سطح الكرة

صه = ٤١٨٨,٨ م م م / (⅓ × ١٠) = ١٢٥٦,٦٤ م م

ومساحة حجم الكرة تساوى حاصل ضرب مكعب قطرها فى سدس النسبة يعنى ان
ح = ق٣ × ⅙ ط

(بند ٣٦)

شقة الكرة ا م ب ه ا هى جزء من سطح الكرة أحيط بنصفى دائرتين عظيمتين
محدودتين بقطر مشترك ا ب
مساحة شقة الكرة تساوى حاصل ضرب قطرها فى قوسها الاعظم م ه
فاذا فرضنا ان صه الشقة ا م ب ه ا وك سطح الكرة و ٢ نق قطرها
ا ب نجد

صه = ٢ نق × م ه (١)

لان صه : ك :: ١ : ٤

قوائم :: م ه : المحيط

وبوضع مقدار سطح الكرة ك بدلا عنه نجد

صه : ٢ نق × المحيط :: م ه : المحيط وبحذف المشترك فى هذا التناسب نجد

صه = ٢ نق × م ه (١)

ومن قانون (١) نستخرج مقدار قوس م ه متى علمنا مساحة الشقة صه فنجد

قوس م ه = صه / ٢ نق (٢)

يعنى ان القوس الاعظم م ه للشقة أو زاويتها يساوى خارج قسمة الشقة على قطرها

مثلا اذا فرضنا ان قطر الكرة ٢ نق = ٢٠ م والقوس م ه = ٣,٥ م فى قانون (١) فانه يؤول الى

صه = ٢٠ م × ٣,٥ م = ٧٠,٠ م م

وبوضع هذا الفرض ٢ نق = ٢٠ م وصه = ٧٠ م م فى قانون (٢) فانه يؤول الى

قوس م ه = ٧٠ م م / ٢٠ م = ٣,٥ م

(بند ٣٧)

ضلع الكرة هو جزء من جسم الكرة أحيط بنصفى دائرتين عظيمتين وقاعدته الشقة مساحة حجم ضلع الكرة ح تساوى حاصل ضرب سطحه صه (وهو الشقة) فى ثلث نصف قطره نق أعنى ان

ح = صه × ١/٣ نق (١)

واذا وضعنا هنا مقدار سطح الشقة صه المتقدم فى (بند ٣٦) نجد

ح = ٢ نق × ١/٣ نق × م ه أو

ح = ٢/٣ نق٢ × م ه (٢)

مثلا اذا فرضنا ان نصف قطر الكرة نق = ١٠م والقوس الاعظم م ﻫ = ٣٫٥م فتكون مساحة حجم المضلع الكروى

ح = $\frac{٢}{٣}$ × ١٠^٢ × ٣٫٥ = ٢٣٣٫٣٣٣

وبالجملة فنسبة ضلع الكرة المحصور بين المستويين ا م ب و ا ﻫ ب الى حجمها كنسبة زاويته ا الى ٤ قوائم ومتى تساوت الشقق تساوت أضلاع الكرة وكذلك النسبة بين ضلعى الكرة كالنسبة بين الزاويتين الحاملتين بمستوييهما .

(بند ٣٨)

المنطقة الكروية هى جزء من سطح الكرة محصور بين مستويين متوازيين يسميان قاعدتيها وارتفاعها البعد بينهما فان مس أحدهما الكرة سميت المنطقة ذات قاعدة واحدة

المنطقة الكروية ا ب ح ى حادثة من دوران قوس ا ب حول محور ا ح والمنطقة ے ب ى ص ذات القاعدتين ب ى و ے ص حادثة من دوران قوس ے ب حول محور ح و

مساحة المنطقة تساوى حاصل ضرب ارتفاعها فى محيط دائرة عظيمة

فاذا فرضنا ان ص مساحة المنطقة ا ب ح ى و ع ارتفاعها نجد

ص = ع × ٢ نق ط (١)

مثلا اذا فرضنا ان ع = ٦ م وان ا م = نق = ١٠ م فتكون مساحة المنطقة

ص = ٦ م × ٢ × ١٠ م × ٣٫١٤١٦ = ٣٧٦٫٩٩٢ مم

(بند ٣٩)

و اذا كان المطلوب معرفة مساحة المنطقة ب ح ى ص ے ذات القاعدتين بفرض ان ارتفاعها ح و = ع = ٢ م وان نق = ١٠م فنضع فى قانون (١) المفروض المذكورة فيؤول الى

ص = ٢ م × ٢ × ١٠ م × ٣٫١٤١٦ = ١٢٥٫٦٦٤ م م

وذلك لانه منطقة ے ب ح ى ص = منطقة ے ا ص ب ــ منطقة ب ا ى

(تنبيه)

(تنبيه)

نسبة المنطقة الى سطح كرتها كنسبة ارتفاع ثلث المنطقة الى قطرها

(بند ٤٠)

القطاع الكروى ا ء ب و هو جزء من جسم الكرة أحيط بالمنطقة ا ء ب التى هى قاعدته وبمخروط رأسه مركز الكرة و يحدث القطاع المذكور من دوران القطاع الدائرى و ب ء حول نصف القطر و ء

وحينئذ فالقطاع الكروى يتركب من قطعة كروية ا ء ب ذات قاعدة واحدة ومخروط ا ب و

مساحة حجم القطاع الكروى ا ء ب ح تساوى حاصل ضرب قاعدته ا ء ب (أى المنطقة) فى ثلث نصف قطره و ا

فاذا فرضنا أن ح مساحة حجم القطاع الكروى و صه سطح قاعدته و نق نصف قطره و ع ارتفاع منطقته فنجد

ح = صه × ⅓ نق (١)

ء
ا ب
و

فاذا وضعنا هنا مقدار صه من بند (٣٨) عوضا عنه نجد

ح = ٢ نق ط × ع × ⅓ نق أو

ح = ⅔ نق٢ ط × ع (٢)

مثلا اذا فرضنا أن نق = ٢٥ م و ع = ١٨ م نجد

ح = ⅔ × ٢٥ م٢ × ٣,١٤١٦ × ١٨ م = ٢٣٥٦٢ م م م

واذا كان المعلوم وتر ا ء ونصف القطر وأردنا معرفة مساحة حجم القطاع الكروى فنستخرجها من هذا القانون

ح = (ط نق × ا ء‾٢) / ٣ (٣)

و بوضع الفروض السابقة فى قانون (٣) وجعل وتر ا ء = ٣٠ م نجد

ح = (٣,١٤١٦ × ٢٥ م × ٣٠ م٢) / ٣ = ٢٣٥٦٢ م م م

(بند ٤١)

مساحة السطح المحدب ص للقطاع الكروى ا ى ب و تساوى مساحة قاعدته ا ى ب = ص َ (وهى المنطقة) مضافا اليها مساحة السطح المحدب ص ً للمخروط ا و ت أعنى

ص = ص َ + ص ً (١)

فاذا وضعنا هنا بدلا عن ص َ مقداره كما فى (بند ٣٨) و بدلا عن ص ً مقداره كما فى (بند ٣٩) نجد

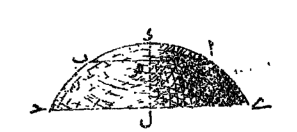
ص = ٢ ط × ا و × ع + ٢ ط × ب هـ × ½ او أو

ص = ٢ط × ا و (ع + ½ ب هـ) (٢)

مثلا اذا فرضنا أن ا و = ٢٥ م و ع = ١٨ م و ب هـ = ٢٤ م فتكون مساحة سطح القطاع الكروى

ص = ٢ × ٣,١٤١٦ × ٢٥ م (١٨ م + ½ ٢٤ م) = ٤٧١٢,٤ م م

(بند ٤٢)



قطعة الكرة هى جزء من حجم الكرة أحيط بالمنطقة و بمستو بين متوازيين يسميان قاعدتيها والمسافة بينهما تسمى ارتفاعها فان مس أحدهما الكرة سميت القطعة ذات قاعدة

وقطعة الكرة ا ى ب ذات القاعدة تحدث من دوران سطح ى ب هـ حول ارتفاعها ى هـ ونهايته نقطة ى تسمى قطب القطعة

وقطعة الكرة ا ب ح ح ذات القاعدتين تحدث من دوران سطح هـ ب ح ل حول ارتفاعها هـ ل

مساحة سطح القطعة الكروية هى مساحة المنطقة وتقدم القول عليها فى (بند ٣٨)

*(بند

(بند ٤٣)

مساحة حجم القطعة الكروية ذات القاعدتين تساوى حاصل ضرب مساحة نصف مجموع قاعدتيها المتوازيتين فى ارتفاعها مضافا على حاصل الضرب مساحة حجم الكرة التى قطرها الارتفاع المذكور

فاذا فرضنا ان مساحة قاعدة ا ب = ط نق٢ ومساحة قاعدة ح ى = ط نَق٢ وارتفاع القطعة هـ ل = ع ومساحة حجم القطعة ذات القاعدتين ح فتكون

$$ح = \frac{(نق^2 + نَق^2)}{2} ط \times ع + \frac{1}{6} ط ع^3 \qquad (1)$$

مثلا اذا فرضنا أن نصف القطر هـ ب = نق = ٢٠ م و نصف القطر ح ل = نَق = ٢٤ م والارتفاع هـ ل = ع = ٢٢ م فتكون

$$ح = \frac{(٢٤^2 + ٢٠^2)}{2} ٣،١٤١٦ \times ٢٢ + \frac{1}{6} ٣،١٤١٦ \times ٢٢^3$$ أو

ح = ٥١،٣٠٣٩٣ م م م

ويمكن اختصار قانون (١) المتقدم بهذا القانون

$$ح = ط ع \left(\frac{(نق^2 + نَق^2)}{2} + \frac{ع^2}{6}\right) \qquad (2)$$

(بند ٤٤)

مساحة حجم القطعة الكروية ح ذات القاعدة الواحدة تساوى نصف حاصل ضرب قاعدتها ا هـ ب = ط نق٢ فى ارتفاعها ى هـ = ع مضافا على حاصل الضرب مساحة حجم الكرة التى قطرها الارتفاع المذكور أعنى ان

$$ح = \frac{1}{2} ط نق^2 \times ع + \frac{1}{6} ط ع^3 \qquad (1)$$

وهذا القانون نتج من كوننا فرضنا ان القاعدة ح ى التى نصف قطرها نَق تساوى صفرا فى قانون (١) من (بند ٤٣)

وبأخذ ط ع مضروبا مشتركا في قانون (١) يؤول الى

$$ح = ط ع \left(\frac{نق^٢}{٢} + \frac{ع^٢}{٦} \right)$$ وباتحاد المقامات يحدث

$$ح = \frac{ط}{٦} ع \,(٣ نق^٢ + ع^٢) \qquad (٢)$$

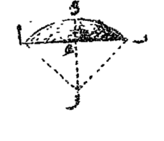
مثلا اذا فرضنا ان ب هـ = نق = ٢٤ م و ء هـ = ع = ١٨ م فتكون مساحة حجم القطعة الكروية ذات القاعدة الواحدة

$$ح = \frac{٣,١٤١٦}{٦} × ١٨ \,(٣ × ٢٤^٢ + ١٨^٢) = ٠,٥٢٣٦ × ١٨$$

$$(٣ × ٥٧٦ + ٣٢٤) = ١٩٣٣٩,٦٨ \text{ م م م}$$

وأيضا مساحة حجم القطعة الكروية ح ذات القاعدة الواحدة تساوي مساحة حجم القطاع الكروي ا ء ب و مطروحا منه مساحة حجم المخروط ا ب و ويستعمل لحساب ذلك هذا القانون

$$ح = ط × ع^٢ \,(نق - \tfrac{١}{٣} ع) \qquad (٣)$$



واذا وضعنا الفروض المتقدمة في هذا البند وجعلنا ب و = نق = ٢٥ م نجد

$$ح = ٣,١٤١٦ × ١٨^٢ \,(٢٥ - \tfrac{١}{٣} ١٨) \quad \text{أو}$$

$$ح = ٣,١٤١٦ × ٣٢٤ × ١٩ =$$

$$١٩٣٣٩,٦٨ \text{ م م م}$$

(بند ٤٥)

مساحة حجم القطع الناقص تساوي حاصل ضرب مربع محوره الاصغر في محوره الاكبر في سدس النسبة

مثلا اذا رمزنا بالحرف ح لحجم القطع الناقص ا ء ب حـ وفرضنا ان محوره الاصغر حـ ء = ع ومحوره الاكبر ا ب = ك يحدث

$$ح = ع^٢ × ك × \tfrac{١}{٦} ط = ع^٢ × ك × ٠,٥٢٣٦ \qquad (١)$$

مثلا اذا فرضنا أن ع = ٨ م و ك = ١٢ م فيكون حجم القطع الناقص

$$ح = ٨^٢ × ١٢ × ٠,٥٢٣٦ = ٤٠٢,١٢٤٨ \text{ م م م}$$

وأيضا حجم القطع الناقص ا حـ ب ء يساوي أربعة امثال حجم المخروط الذي

قاعدته

نعتبر محوره الاصغر حـ ء وارتفاعه نصف محوره الاكبر ب و يعنى أن

ع = ٤ ط نق^٢ × ب و / ٣ أو

ع = ٤ ط حـ و^٢ × ب و / ٣ (٢)

وبوضع الفروض المتقدمة فى قانون (٢) يؤول الى

ع = ٤ × ٣,١٤١٦ × ٤^٢ × ٦/٣ = ٤٠٢,١٢ م م م

(بند ٤٦)

مساحة السطح المحدب الجسم القطع الناقص تساوى حاصل ضرب محوره الاكبر فى سطح الكرة التى قطرها محوره الاصغر مقسوم على محوره الاصغر

مثلا اذا فرضنا أن ص السطح المحدب لجسم القطع الناقص الذى محوره الاكبر ٤٥ م ومحوره الاصغر ٣٥م يكون ص = ٤٥×٣٨٤٨,٤٦ / ٣٥ = ٤٩٤٨ م م

(بند ٤٧)

مساحة حجم القطع المكافئ تساوى حاصل ضرب مربع نصف قطر قاعدته فى النسبة ط فى نصف محوره

مثلا اذا كان ا ب حـ قطع مكافئ مجسم و ع حجمه و ب ء نصف قطر قاعدته و ا ء محوره يكون

ع = ب ء^٢ × ط × ا ء / ٢ (١)

فاذا كان ب ء = ٢,٤ م و ا ء = ٩,٨ م يكون

ع = ٢,٤^٢ × ٣,١٤١٦ × ٩,٨ / ٢ = ٥٤٧,٢٧١ م م م

(بند ٤٨)

ويمكن معرفة مساحة حجم أى جسم خصوصا الجسم الغير منتظم بطريقة سهلة وهى ان نضعه فى اناء مملوء جميعه بالماء ان أمكن ذلك ثم نخرجه من الاناء فساحة حجم الماء المحذوف من الاناء بسبب وضع الجسم فيه تكون هى عين مساحة حجم الجسم المذكور مثلا اذا كان شكل الاناء من الداخل المملوء بالماء الموضوع فيه الجسم المذكور اسطوانيا فتكون مساحة حجم الجسم المذكور الغير منتظم مكافئة لاسطوانة قاعدتها قاعدة الاناء من الداخل وارتفاعها ارتفاع الماء المحذوف من الاناء

(فى حجم الاخشاب)

لمعرفة حجم أى شجرة أو خشبة يوجد ثلاثة طرق (مأخوذة من قوانين حجم الاجسام

المحاطة بسطوح منحنية)

(الطريقة الاولى)

أن تضرب ثلث مجموع سطحى قطاعيها النهائيين والوسط المتناسب الهندسى بينهما فى طول الشجرة أو الخشبة فيحصل الحجم المطلوب

مثلا اذا كان المطلوب معرفة حجم شجرة محيطا دائرتيها المتطرفتين ١٫٦٢ م و ١٫٣٠ م وطولها ١٠ م يقال ان

قطر محيط طرفها الاكبر = $\frac{١٫٦٢}{٣٫١٤١٥}$ = ٠٫٥١٥ م و

قطر محيط طرفها الاصغر = $\frac{١٫٣٠}{٣٫١٤١٥}$ = ٠٫٤١٤ م و

سطح قاعدتها الكبرى = ١٫٦٢ × $\frac{٠٫٥١٥}{٤}$ = ٠٫٢٠٨ م م و

سطح قاعدتها الصغرى = ١٫٣٠ × $\frac{٠٫٤١٤}{٤}$ = ٠٫١٣٤ م م و

الوسط المتناسب الهندسى بينهما = $\sqrt{٠٫٢٠٨ \times ٠٫١٣٤}$ = ٠٫١٦٧ م م

فحينئذ يكون حجم الشجرة = $\frac{٠٫٢٠٨ + ٠٫١٣٤ + ٠٫١٦٧}{٣}$ × ١٠ م
= ١٫٦٩٦ م م م

(الطريقة الثانية)

هى أسهل من المتقدمة وكثيرة الاستعمال وغايتها أنه يضرب مربع المحيط المتوسط للشجرة فى هذا العدد ٠٫٠٧٩٥٦ ويضرب الحاصل فى طول الشجرة

وبالتطبيق على هذه الطريقة بوضع الفروضات المتقدمة فيها نجد أن المحيط المتوسط للشجرة = ١٫٤٦ وحجمها = $\overline{١٫٤٦}^{٢}$ × ٠٫٠٧٩٥٦ × ١٠ م
= ١٫٦٩ م م م

(الطريقة الثالثة)

ان يضرب مربع خمس محيطها المتوسط فى ضعف طولها

وبوضع الفروضات المتقدمة فى هذه الطريقة نجد

حجم الشجرة = $\left(\frac{١٫٤٦}{٥}\right)^{٢}$ × ٢ × ١٠ م = ١٫٧٠ م م م

والجدول الآتى يعلم منه وزن قطعة خشب جافة من أى صنف بالكيلوجرام تقريبا بعد معرفة حجمها

جدول

جدول (١)

أسماء الاخشاب	وزن بالكيلوجرام	أسماء الاخشاب	وزن بالكيلوجرام
سنط	٨٤٠	خشب السفرجل	٧٠٥
مهوجنا ×	١٠٦٣	خشب البندق	٦٠٠
خشب برزيليا الاحمر ×	١٠٣١	سرو اسبانيولى	٦٤٤
بقس فرنساوى	٩١٢	أبنوس امريكانى ×	١٣٣١
بقس هولانده ×	١٣٢٨	أبنوس هندى ×	١٢٠٩
ساج	٩١٣	اسفندان	٧٥٠
شربين امريكانى	٥٦١	سندروس	٥٥٦
شربين هندى ×	١٣١٥	خشب الرمان ×	١٣٥٤
شربين بلاد فلسطين	٦١٣	خشب زان	٨٥٢
شربين برى	٥٩٦	ياسمين اسبانيولى	٧٧٠
كرز	٧١٥	أبوفروة الهندى	٦٠٦
أبوفروة	× ١١٠٠	دفلة	٨٢٢
قروة قلب من ستين سنة	× ١١٧٠	شجر المصطكى	٨٤٩
قرو عادة	٩٠٠	شجر القلين	٢٤٠
قرو ناشف	٨٦٠	شجر التنوب الاسبانيولى	٨٩٧
خشب اللامون	٧٢٦	شجر الجوز	٦٧١
شجر زيتون	٩٢٧	شجر كمثرى	٦٦١
شجر برتقان	٧٠٥	شجر تفاح	٧٩٣
شجر غرغاج	٦٧١	شجر برقوق	٧٨٥
اللاريس	٥٤٣	خشب راتنج أوشامى	٥٥٠
التنوب أو الشوح	٦٦٠	خشب عنب ×	١٣٢٧
الحور	٣٨٣	صنوبر بلاد الشمال	٧٤٥
حور أبيض اسبانيولى	٥٢٩	صنوبر	٤٩٨

(والاخشاب الموضوع بحذائها هذه العلامة × لا تعوم فى الماء)

وحيث ان الجدول المذكور لم يشتمل على جميع أجناس الاخشاب فاذا لزم معرفة الوزن النوعى لخشب لم يكن موجودا فى الجدول يقال أن الثقل النوعى لجسم هو نسبة وزن حجم من هذا الجسم لوزن حجم مساوله من الماء المقطر درجة ٤ + فبناء على ذلك تأخذ قطعة من الخشب المذكور وتعين وزنها ووزن حجم مساولها من الماء المقطر ثم تقسم الوزن الاول على الوزن الثانى فالناتج هو الوزن النوعى للخشب المطلوب والمفروض أن وزن الماء المقطر درجة ٤ + مأخوذ وحده

(قاعدة)

لمعرفة مقدار الثقل الموجب لانغمار قطعة من الخشب الطافئ فى الماء يقال ان الجسم المغمور فى سائل يفقد جزءا من ثقله مساويا لثقل السائل الذى حل محله

وان حجم الجزء الغاطس من الاجسام الطافئة يكون على حسب النسبة العكسية لكثافة السائل وعلى حسب النسبة الطردية لكثافة الجسم الطافئ

فبناء على ماذكر نعين وزن قطعة الخشب المذكورة ووزن حجم مساولها من الماء فالفرق بين وزن الماء ووزن القطعة يكون هو أكبر ثقل تحمله القطعة الخشب ولم تغطس

مثلا اذا كان وزن القطعة ٤ كيلوجرام ووزن الحجم المساوى لها من الماء ٧ كيلوجرام يكون الفرق ٣ كيلوجرام هو أكبر ثقل تحمله القطعة المذكورة ولم تغطس فى الماء

وبمثل ذلك حيث ان وزن المتر المكعب من الماء الحلو ١٠٠٠ كيلوجرام ووزن المتر المكعب من خشب الشأم ٥٥٠ كيلوجرام كما فى الجدول المتقدم فيكون الفرق ٤٥٠ كيلوجرام بين الوزنين هو أكبر ثقل يحمله المتر المكعب من هذا النوع ولم يغطس

وأما اذا وضع المتر المكعب من هذا النوع فى الماء المالح الذى وزن المتر المكعب منه ١٠٤٤ فيكون الفرق ٤٩٤ كيلوجرام هو أكبر ثقل يحمله هذا النوع ولم يغطس

واذا

واذا وضع النوع المذكور فى زيت النفط الذى وزن المتر المكعب منه ٩١٩ فيحمل ٣٦٩ كيلو ولم يغطس

وعموما اذا ضرب حجم الخشب المبين بالمتر المكعب فى الفرق بين الوزن النوعى للماء والوزن النوعى للخشب يكون الناتج هو أكبر ثقل يحمله الخشب ولم يغطس

مثلا لو أخذنا حجم ١,٧٠ من خشب الشأم وضربناه فى الفرق ٤٠٠ كيلو كان الحاصل ٧٦٥ كيلو هو أكبر ثقل يحمله فى الماء الحلو وأما فى الماء المالح فيحمل ١,٧٠ × ٤٩٤ كيلو = ٨٣٩,٨ كيلو وفى الزيت النفط يحمل

١,٧٠ × ٣٦٩ كيلو = ٦٢٧,٣ كيلوجرام

و بواسطة هذه القاعدة أمكن تحويل الاجسام الغاطسة كالحديد الى أجسام طافية بأن صنع الحديد مجوفا كما فى السفن حتى صار وزن حجم الماء الذى يزيحه الحديد أكبر من وزنه وتأسس على تلك القاعدة عمل سفن وشمندورات (عوامات) من الحديد وعمل قناطر من رو امس من الاخشاب أو من البراميل وما أشبه ذلك .

وجدول (٢) الآتى يبين حجم الاشجار الممكن استعمالها فى عمل الرو امس وبهذا الجدول والجدول الماضى يمكن معرفة عدد الاخشاب اللازمة لاجل حمل ثقل معلوم

جدول (٢)

طول بالمتر	محيط متوسط	حجم	طول بالمتر	محيط متوسط	حجم
٨		٠٫٢٨	٨		٦٤
١٠	٠٫٦٠	٠٫٢٨	١٠	١٫٠٠	٠٫٧٩
١٢		٠٫٣٤	١٢		٠٫٩٥
٨		٠٫٢٧	٨		٠٫٦٩
١٠	٠٫٦٥	٠٫٣٣	١٠	١٫٠٥	٠٫٨٦
١٢		٠٫٤٠	١٢		١٫٠٤
٨		٠٫٣١	٨		٠٫٧٦
١٠	٠٫٧٠	٠٫٣٩	١٠	١٫١٠	٠٫٩٥
١٢		٠٫٤٧	١٢		١٫١٥
٨		٠٫٣٥	٨		٠٫٨٣
١٠	٠٫٧٥	٠٫٤٤	١٠	١٫١٥	١٫٠٤
١٢		٠٫٥٣	١٢		١٫٢٥
٨		٠٫٤١	٨		٠٫٩١
١٠	٠٫٨٠	٠٫٥١	١٠	١٫٢٠	١٫١٤
١٢		٠٫٦١	١٢		١٫٣٧
٨		٠٫٤٦	٨		٠٫٩٩
١٠	٠٫٨٥	٠٫٥٧	١٠	١٫٢٥	١٫٢٤
١٢		٠٫٦٩	١٢		١٫٤٩
٨		٠٫٥١	٨		١٫٠٧
١٠	٠٫٩٠	٠٫٦٤	١٠	١٫٣٠	١٫٣٤
١٢		٠٫٧٧	١٢		١٫٦١
٨		٠٫٥٦	٨		١٫١٦
١٠	٠٫٩٥	٠٫٧١	١٠	١٫٣٥	١٫٤٥
١٢		٠٫٨٦	١٢		١٫٧٤

طول بالمتر	محيط متوسط	حجم	طول بالمتر	محيط متوسط	حجم
٨		١٫٢٥	٨		١٫٩٥
١٠	١٫٤٠	١٫٥٦	١٠	١٫٧٥	٢٫٤٣
١٢		١٫٨٧	١٢		٢٫٩٢
٨		١٫٣٤	٨		٢٫٠٦
١٠	١٫٤٥	١٫٦٧	١٠	١٫٨٠	٢٫٥٧
١٢		٢٫٠١	١٢		٣٫٠٩
٨		١٫٤٢	٨		٢٫١٨
١٠	١٫٥٠	١٫٧٧	١٠	١٫٨٥	٢٫٧٢
١٢		٢٫١٣	١٢		٣٫٢٧
٨		١٫٥٢	٨		٢٫٢٩
١٠	١٫٥٥	١٫٩٠	١٠	١٫٩٠	٢٫٨٧
١٢		٢٫٢٨	١٢		٣٫٤٥
٨		١٫٦٢	٨		٢٫٤٢
١٠	١٫٦٠	٢٫٠٢	١٠	١٫٩٥	٣٫٠٢
١٢		٢٫٤٢	١٢		٣٫٦٣
٨		١٫٧٢	٨		٢٫٥٣
١٠	١٫٦٥	٢٫١٥	١٠	٢٫٠٠	٣٫١٦
١٢		٢٫٥٨	١٢		٣٫٧٩
٨		١٫٨٣			
١٠	١٫٧٠	٢٫٢٨			
١٢		٢٫٧٣			

وهـذا الجدول يشتمل على ثلاثة أطوال مختلفة لجميع المحيطات المتوسطة من ابتداء ٦٠ و٠م الى ٢م وهاتان النهايتان كافيتان فى الاعمال والاشجار التى محيطها ٦٠ و٠م قليلة القوة ويلزم منها عدد كبير لعمل الرواميس والاشجار التى محيطها أكبر من ٢ م صعبة النقل من محلها لمحل العمل واحيانا تستعمل أخشاب المنازل فى عمل الرواميس ومعرفة حجمها يكون بضرب العرض المتوسط فى السمك المتوسط ثم فى الطول

مثلا اذا فرضنا ان المحيط المتوسط لشجرة من شجر الشام ٣٠ و١ م وطولها ١٠ م وكان المطلوب عمل روميس من هذا النوع نبحث عن مكعبها فى جدول (٢) فنجده ٣٤و١ ممم ويكون بمقتضى جدول (١) أكبر ثقل تحمله هذه الشجرة ولم تغطس ٦٠٣ كيلوجرام تقريبا فاذا عمل من هذا النوع ست أشجار روميسا يكون أكبر ثقل يحمله ٣٦١٨ كيلوجرام فان طرحنا من ذلك ثقل الاخشاب التى تستمر فوق الروميس لاجل تكوينه الذى هو ٨٩٠ كيلوجرام قريبا من الربع يكون الباقى ٢٧٢٨ كيلوجرام هو اكبر ثقل يحمله هذا الروميس ولم يغطس

فلو فرضنا عمل قنطرة من رواميس من هذا النوع موزعة بحيث يكون مقدار المسافة بين محورى روميسين متواليين ٧٠ و٣ م وعسكر البيادة تمر فوق تلك القنطرة فى هيئة قطر رأسه ثلاثة أنفار وأردنا معرفة الثقل

يقال ان النفر الواحد يشغل فى سيره مترا تقريبا وثقله ٨٠ كيلوجرام وان كل روميس يمر عليه ١٢ نفرا فيكون الثقل الواقع على الروميس الواحد من ١٢ نفرا هو ٩٦٠ كيلوجرام ويكون الفرق بين هذا الثقل والثقل الذى يحمله الروميس المذكور ١٧٦٨ كيلوجرام وان كان الخشب متوسط الجفاف فالروميس الواحد يحمل ١٦ نفرا بفرض ان رأس القطر يكون أربعة أنفار واذن يكون الثقل الواقع على الروميس الواحد ١٢٨٠ كيلوجرام وباسقاطه من وزن ما يحمله الروميس يكون الباقى ١٤٤٨ كيلوجرام

*(فى

(فى حجم البراميل)

الطريقة المستعملة فى حساب حجم البراميل يعتبر فيها ان البرميل مركب من مخروطين ناقصين مجتمعين فى قاعدتيهما الكبرى وكيفية حساب حجم البرميل ان يضرب محوره فى ثلث مجموع احدى قاعدتيه الصغرى والكبرى والوسط المتناسب بينهما

فاذا كان المطلوب ايجاد حجم برميل قطر احدى قاعدتيه الصغرى ٧٠ و٠م وقطر قاعدته الوسطى ٨٥ و٠م وطوله أى محوره ٣٠ و١م يكون حجم البرميل

= (٧٠ و٠^٢م + ٨٥ و٠^٢م + ٧٠ و٠م × ٨٥ و٠م) ٧٨٥٤ و٠ / ٣ × ٣٠ و١م

= ٦١٤ و٠ م م م

وحيث ان الابعاد المفروضة سابقا معتبر قياسها من خارج البرميل فان ضرب العدد ٦١٤ و٠ م م م فى ١٠٠٠ كيلوجرام وهو وزن المتر المكعب من الماء الحلو يكون الحاصل ٦١٤ كيلوجرام هو ثقل الماء الذى يحذفه البرميل لو غمر جميعه فى الماء

(وهنالك طريقة ثانية) وهى أنه يمكن معرفة حجم البرميل بأن تجمع ٢٥ مربع قطر دائرة احدى نهايتيه و٣٩ مربع قطر دائرة وسطه و ٢٦ حاصل ضرب هذين القطرين ثم نضرب حاصل جمع هذه الابعاد الثلاثة فى العدد ٠٠٨٦ و٠ وفى طول البرميل

وبوضع الفروضات المتقدمة فى هذه الطريقة يكون حجم البرميل

= (٢٥ × ٧٠ و٠^٢ + ٣٩ × ٨٥ و٠^٢ + ٢٦ × ٧٠ و٠ × ٨٥ و٠)

٠٠٨٦ و٠ × ٣٠ و١ = ٦٢٤ و٠ م م م

واذا كان وسط محيط البرميل يقرب من منحنى القطع المكافئ يكون نصفه عبارة عن قطع مكافئ ناقص

وحجم البرميل فى هذه الحالة يساوى حاصل ضرب مربع قطر الدائرة المتوسطة بين

الدائرة الكبرى والصغرى (وهذا القطر يحدث من اضافة ثلثى الفرق بين قطرى الدائرتين المذكورتين على قطر الدائرة الصغرى) فى ربع النسبة ٠,٧٨٥٤ ثم فى طول البرميل

مثلا اذا كان قطر الدائرة الكبرى ٠,٨٥ م وقطر الدائرة الصغرى ٠,٧٠ م يكون الفرق بين القطرين المذكورين هو ٠,١٥ م ويكون ثلثا هذا الفرق هو ٠,١٠ م وباضافة هذا العدد ٠,١٠ م على ٠,٧٠ م يحدث ٠,٨٠ م وهو قطر الدائرة المتوسطة وكان طول البرميل ١,٣٠ م يكون حينئذ

حجم البرميل = $٠,٨٠^٢$ × ٠,٧٨٥٤ × ١,٣٠ م = ٠,٦٥٣٤ م م م

والجدول الآتى مبين فيه ابعاد البراميل والاثقال التى تحملها

نمره	قطر		طول	وزن البرميل	وزن الماء المحذوف	فرق الوزنين
	الوسط ميتر	الطرف ميتر	ميتر	بالكيلوجرام	بالكيلوجرام	كيلوجرام
١	٠,٣٨	٠,٣٦	٠,٤٢	١١,٦٢	٤٥,٦٠	٣٣,٩٨
٢	٠,٤١	٠,٣٦	٠,٤١	١٣,٤١	٤٨,٧٢	٣٥,٣١
٣	٠,٤٢	٠,٣٨	٠,٤٢	١٤,٣٠	٥٩,٠٠	٤٤,٧٠
٤	٠,٥١	٠,٤٦	٠,٥٦	٢٢,٠٠	٨٠,٥٠	٥٨,٥٠
٥	٠,٥٩	٠,٥٠	٠,٦٢	٢٥,٩٣	١٤٥,٧٢	١١٩,٧٩
٦	٠,٦١	٠,٥٦	٠,٧٠	٣٧,٠٠	١٨٤,٠٠	١٤٧,٠٠
٧	٠,٧١	٠,٥٩	٠,٨٥	٤٥,١٤	٢٨٦,٩٧	٢٤١,٨٣
٨	٠,٧٤	٠,٦٣	٠,٧٩	٤٥,٦٠	٢٩٣,٦٨	٢٤٨,٠٨
٩	٠,٧١	٠,٦١	٠,٨٩	٥١,٠٠	٣٠٥,٠٠	٢٥٤,٠٠
١٠	٠,٧٧	٠,٦٤	٠,٩٠	٥٦,٣٢	٣٣٩,٠٠	٢٧٢,٦٨
١١	٠,٧٩	٠,٧٠	٠,٩٨	٦١,٦٠	٤١٤,٠٠	٣٥٢,٤٠
١٢	٠,٨٦	٠,٧٩	٠,٨٩	٥٤,٥٣	٤٧٣,٨٢	٤١٩,٢٩
١٣	٠,٧٩	٠,٦٣	١,٢٩	٦٩,٢٩	٥١٩,٤٠	٤٥٠,١١
١٤	٠,٨٦	٠,٦٢	١,٣٥	٧١,٠٠	٥٩٧,٠٠	٥٢٦,٠٠
١٥	٠,٨٩	٠,٧١	١,١٩	٧١,٠٠	٦٠٥,٢٤	٥٣٤,٢٤

مثلا اذا كان المطلوب انشاء قنطرة من البراميل المبينة فى هذا الجدول بالنمرة ٤ أو ٦ أو ٩ أو ١٤

يقال أولا لو أخذنا من الجدول المذكور ٤٤ برميلا من نمرة ٤ لوجدنا ثقلها ٩٦٨ كيلوجرام وأكبر ثقل تحملها فى الماء ٢٥٧٤ كيلوجرام واذا وضعنا ٢٢ برميلا صفين متجاورين وثبتناها بقطعة خشب فى جهة طولها وعمل ذلك وضعنا ٢٢ برميلا الباقية وثبتنا المجموعين ببعضهما بقطع خشب فى جهة عرضها لتكون من هذين المجموعين رومس طوله ٦,١٦ م وعرضه ٢,٠٤ م

وثانيا لو أخذنا من الجدول المذكور ١٨ برميلا من نمرة ٦ لوجدنا ثقلها ٦٦٦ كيلوجرام وأكبر ثقل تحملها فى الماء ٢٦٤٦ كيلوجرام واذا وضعناها صفين وثبتناها بأخشاب طولا وعرضا لتكون منها رومس طوله ٥,٩٤ م وعرضه ١,٥٤ م

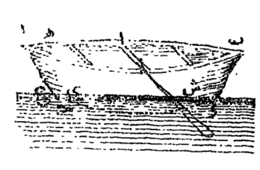
وثالثا لو أخذنا ١٠ براميل من نمرة ٩ لوجدنا ثقلها ٥١٠ كيلوجرام وأكبر ثقل تحمله فى الماء ٢٥٤٠ كيلوجرام واذا وضعناها صفين متجاورين وثبتناها بأخشاب طولا وعرضا لتكون منها رومس طوله ٤,٤٥ م وعرضه ١,٤٢ م

ورابعا لو أخذنا خمسة براميل من نمرة ١٤ لوجدنا ثقلها ٣٥٥ كيلوجرام وتحمل ٢٦٣٠ كيلوجرام واذا وضعناها بجانب بعضها صفا واحدا تكون منها رومس طوله ٤,٣٥ م وعرضه ١,٣٥ م وبمعرفة ماذكر تنشأ القنطرة المطلوبة من جملة رو امس توافق طول القنطرة وعرضها

(مسألة)

المطلوب معرفة مقدار الجزء الذى يغطس من فلوكة كائنة بقنطرة عسكرية بواسطة شحنها بثقل معلوم

لذلك نفرض أن مقدار ارتفاع الجزء الغاطس ح ى = س وارتفاع الفلوكة هـ ج = ق وعرضها = ل وطول قاعدتها السفلى ج د = هـ و ا ب - ح د = د وا هـ = $\frac{د}{٢}$ ثم نبحث عن مقدار حجم الجزء الغاطس من الفلوكة فنجد من الشكل ان



ى ع = $\frac{د \times س}{٢ ق}$ ومن الشكل نجد أيضا

هـ + ى ع = هـ + $\frac{د س}{٢ ق}$ =

$\frac{١}{٢}$ (هـ + ع ش)

وحينئذ تكون مساحة شبه المنحرف

د ح ع ش = س (هـ + $\frac{د س}{٢ ق}$)

= س هـ + $\frac{د س^{٢}}{٢ ق}$ ويكون

حجم الجزء المغمور = هـ س ل + $\frac{ل د س^{٢}}{٢ ق}$

وبضرب هذا الحجم فى ١٠٠٠ كيلوجرام ثقل المتر المكعب من الماء يتحصل ثقل حجم الماء المحذوف وبالرمز بحرف ع لثقل حجم الماء المحذوف المذكور يكون

ع = ١٠٠٠ (ل هـ س + $\frac{ل د س^{٢}}{٢ ق}$) (١) ومنه يستخرج

س = - $\frac{هـ ق}{د}$ ± $\sqrt{\frac{هـ^{٢} ق^{٢}}{د^{٢}} + \frac{ق ع}{٥٠٠ ل د}}$ (٢)

والعادة الجارية عند العسكر الفرنساوية أن يكون فى الفلايك الكبيرة مقدار

ق = ٦٩٩ ر٠ م و ل = ٤٧٤ ر١ م و هـ = ٠٨٢ ر٥ م و د = ٣٤٦ ر١ م وفى الفلايك الصغيرة ق = ٦١٠ ر٠ م و ل = ٢٢ ر١ م و هـ = ٠٦٥ ر٤ م و د = ٠٦٧ ر١ م

وبوضع المقادير الرقمية باعتبار الفلايك الكبيرة فى قانون (٢) يؤول الى

س = $\sqrt{٦ر٩٠٩٠٤٤ + ٠ر٠٠٠٧٠٤٦ ع}$ - ٢ر٦٣٨

وفى

وفى هذا القانون لايمكن أن يتعدى مقدار ع ٥٩٢٠ كيلوجرام من غير أن يعطى ال س مقدار زيادة عن ٦٩٩ ر٠ م

وبوضع المقادير الرقمية الاخر باعتبار الفلايك الصغيرة فى قانون (٢) يؤول الى

$$س = \sqrt{٥٠٠٩٧٦ و٥ + ٠٠٠٩٢٧٢ و٠ ع} - ٢٣٤٢ و٢$$

وفى هذا القانون اذا زاد مقدار ع عن ٣٤٢٢ كيلوجرام يزيد عمق الفلوكة عن ٦١٠ ر٠ م

(مسألة)

المطلوب معرفة الثقل الذى يشحن فى فلوكة بشرط أن يغطس جزء منها لحد ارتفاع معلوم

لذلك نستخرج من معادلة (١)

$$ع = \frac{٥٠٠ ل ى س^٢}{ق} + ١٠٠٠ ل ﻫ س$$

فاذا كانت الفلايك كبيرة تؤول هذه المعادلة الى

$$ع = ١٧٣ ر٩ ١٤١ س^٢ + ٨٦٨ ر٧٤٩٠ س \quad (٣)$$

وان جعل فى هذه المعادلة س = ٦٩٩ ر٠ م يكون ع = ٥٩٢٠ كيلوجرام وهو وزن حجم من الماء يساوى لحجم الفلوكة الكبيرة واذا كانت الفلايك صغيرة تؤول معادلة (١) الى

$$ع = ٢١٣٤ س^٢ + ٦ ر٩٩١٨ س \quad (٤)$$

وان جعل فيها س = ٦١ ر٠ م يكون ع = ٣٤٢٢ كيلوجرام وهو وزن حجم من الماء يساوى لحجم الفلوكة الصغيرة وبواسطة معادلة (٣) و (٤) صار حساب الجدول الآتى من ٠٣ ر٠ م الى ٠٣ ر٠ م

انغمار الفالوكة	وزن حجم الماء المحذوف		ملحوظات
	فلايك صغيرة	فلايك كبيرة	
٠ر٠٣	١٤٩	٢٢٦	وفى هذه المقادير أضيف
٠ر٠٦	٣٠١	٤٥٤	وزن الفالوكة فلاجل
٠ر٠٩	٤٥٥	٦٨٥	معرفة وزن حمل الفالوكة
٠ر١٢	٦١٠	٩١٩	يلزم ان يطرح من هذه
٠ر١٥	٧٦٨	١١٥٥	الاعداد وزن الفالوكة
٠ر١٨	٩٢٧	١٣٩٥	
٠ر٢١	١٠٨٨	١٦٣٥	
٠ر٢٤	١٢٥١	١٨٨٠	
٠ر٢٧	١٤١٧	٢١٢٠	
٠ر٣٠	١٥٨٤	٢٣٧٥	
٠ر٣٣	١٧٥٨	٢٦٢٦	
٠ر٣٦	١٩٢٣	٢٨٨٠	
٠ر٣٩	٢٠٩٥	٣١٣٧	
٠ر٤٢	٢٢٧١	٣٣٩٥	
٠ر٤٥	٢٤٤٧	٣٦٥٨	
٠ر٩٨	٢٦٢٦	٣٩٢١	
٠ر٥١	٢٨٠٦	٤١٨٩	
٠ر٥٤	٢٩٨٧	٤٤٥٦	
٠ر٥٧	٣١٧٣	٤٧٨٠	
٠ر٦٠	٣٣٥٩	٥٠٥٥	
٠ر٦٣		٥٢٨٣	
٠ر٦٦		٥٥٦١	
٠ر٦٩		٥٨٤٨	

وبالاطلاع

وبالاطلاع على هـذا الجدول يعلم ان الفلوكة الكبيرة تغطس بقـدر ١٥ و ٠ م بحمولة تقرب من ١١٦٠ كيلوجرام الذى هو وزن الفلوكة ومهماتها والصغيرة تغطس بقـدر ١٥ و ٠ م بحمولة تقرب من ٧٧١ كيلوجرام الذى هو وزن الفلوكة ومهماتها

والعادة الجارية فى وضع القناطر العسكرية ان توزع الفلايك بحيث تكون المسافة بين كل فلوكة والتى تليها قدر عرض هذه الفلوكة ولا تكون اصغر منه وأحيانا تكون اكبر منه ففى هذا الاعتبار توزع الرجال والمهمات التى تمر على القنطرة بالنسبة لكبر هذه المسافة

ففى حالة البيادة اكبر ثقل يمر فوق القنطرة هو الضار قول الذى كل صف فيه مركب من أربعة رجال فان فرض ان الفلايك موزعة بحيث يكون البعد بينها ٦٠ و ١ م فيكون فى هذه الحالة فوق الفلوكة والمسافة التى بينها وبين الفلوكة التى تليها عشرون رجلا ووزن العشرين رجـلا بفرض ان وزن الرجل الواحد ٨٠ كيلوجرام هو ١٦٠٠ كيلوجرام وحيث ان وزن الفلوكة الكبيرة ومهماتها ١١٦٠ كيلوجرام فيكون مجموع وزن العشرين رجـلا والفلوكة ٢٧٦٠ كيلواجرام وانغمار الفلوكة فى الماء من ثقل هذا المجموع كما فى الجدول السابق هو ٣٤٥ و ٠ م وحيث ان انغمار الفلوكة وحدها بمهماتها هو ١٥ و ٠ م فيكون ثقل العشرين رجلا يستوجب انغمار الفلوكة الكبيرة بقدر ١٩٥ و ٠ م وهو الفرق بين الانغمارين

فان كانت الفلوكة المستعملة صغيرة فيكون

كيلواجرام

١٦٠٠ وزن العشرين رجلا و

٠٧٧١ وزن الفلوكة الصغيرة ومهماتها ويكون

٢٣٧١ مجموع الوزنين

وانغمار الفلوكة المقابل لهذا المجموع كما فى الجدول هو ٤٤ و ٠ م

واذا طرح منه مقدار انغمار الفلوكة من ثقلها وثقل مهماتها وهو ١٥ و ٠ م

يكون الباقى مقدار ما تغطس به الفلوكة من ثقل العشرين رجلا وهو ٢٩ و ٠ م

وفى حالة السوارى اكبر ثقل يمر على القنطرة هو ثقل قول كل صف مركب من خيالين وحيث ان الحصان يشغل مسافة ثلاثة أمتار أو تسعة أقدام فان فرض ان الفلوكة بعيدة عن تاليتها بقدر أربعة أو خمسة أقدام تكون كل واحدة تحمل صفا واحدا

وبما ان متوسط وزن الحصان ٤٥٠ كيلوجرام

ووزن الخيال وسلاحه ومهماته ١٣٨ كيلوجرام

ومجموع وزن الحصان والخيال هو ٥٨٨

ويكون وزن الخيالين معا هو ١١٧٦ فان أضيف الى ذلك وزن الفلوكة الكبيرة ومهماتها

وهو ١١٦٠

يكون المجموع ٢٣٣٦ كيلوجرام وزن الخيالين والفلوكة معا

وهذا المجموع يقابل فى الجدول لانغمار قدره ٢٩ و٠ م

واما فى حالة الفلائك الصغيرة فيكون وزن الخيالين ١١٧٦ كيلوجرام

ووزن الفلوكة ومهماتها ٧٧١ كيلوجرام

ويكون مجموع الوزنين هو ١٩٤٧ كيلوجرام

وهذا المجموع يقابل فى الجدول لانغمار قدره ٣٦ و٠ م

وفى حالة الطوبجية حيث ان وزن مدفع عيار ١٢ بما فيه الغنداق والجبخانه هو ٢٢٥٠ كيلوجرام تقريبا فان أضيف لهذا الوزن وزن ٦ من الخيل كل واحد منها ٤٥٠ كيلوجرام وكذا وزن ٣ طوبجية كل واحد منهم ٨٥ كيلوجرام يكون مجموع الثلاثة اوزان هو ٥٢٠٥ كيلوجرام والطول الموزع عليه هذا المجموع هو ١٣ م يوافق ٥ فلايك تقريبا فان كان التوزيع بالتساوى يكون الواقع على كل فلوكة ١٠٤١ كيلوجرام من غيران يدخل فى ذلك جزء القنطرة ولكن التوزيع ليس بالانتظام والفلوكة الواقع عليها المدفع تحمل ثقلا أكثر من جميع الفلايك الاخر

فان اردنا معرفة وزن ماتحمله الفلوكة الواقع عليها المدفع نقول ان البعد بين محور الجبخانة ومحور المدفع هو ثلاثة أمتار تقريبا وحينئذ فقدار ٢٢٥٠ كيلوجرام الذى هو ثقل المدفع والغنداق والجبخانة يكون موزعا بالاقل على فلوكتين يعنى ان كل

منهما

منهما تحمل النصف وهو ١١٢٥ كيلوجرام من غير ان ينظر لوزن جزء القنطرة فان أضيف اليه هذا الثقل ١١٦٠ كيلوجرام يكون المجموع ٢٢٨٥ كيلوجرام هو الثقل الواقع على كل فلوكة

ومن الجدول المتقدم ذكره يعلم ان الانغمار المقابل لهذا المجموع هو ٢٨٥ و٠ م ويعلم ان الفلوكة تنغمر من ثقلها وثقل مهماتها بقدر ١٥ و٠ م فاذا طرحنا ١٥ و٠ م من ٢٨٥ و٠ م يكون الباقى ١٣٥ و٠ م وهو انغمار الفلوكة من ثقل المدفع والجبخانة وهو أقل من الحاصل من البيادة والسوارى

(فى خواص الاخشاب وحفظها ومتانتها)

اذا قطعت شجرة بسطح عمودى على اتجاه طولها يظهر انها مركبة من ثلاثة أجزاء وهى اللب والمابين والقشر اما اللب فهو مادة رخوة توجد فى محور الشجرة تقريبا على هيئة اسطوانة قطرها بعض مليمترات وأما المابين فيتركب من طبقات حول المحور تتناقص صلابتها كلما بعدت عنه والطبقات القريبة من المحور هى الخشب المستعمل فى الاشغال لكونه ذا صلابة عظيمة وأما القشر فهو مادة قليلة الصلابة كثيرة الفلوق ولا بد من ازالته من الخشب والا تعفن بسرعة



ثم ان الشجرة فى كل سنة يتكون فيها طبقة جديدة تكسب الشجرة غلظا لكن جزء منها ينضم الى القلب ويمتلئ شيئا فشيئا ويتكون ويكتسب صلابة ثم يصير مابين والجزء الآخر يتكون مع القشر والخشب يتركب من الياف طويلة موازية لبعضها تقريبا فلذا كان أعظم صلابة فى جهة الطول المذكور

ثم ان الخواص الجيدة للاخشاب هى الصلابة والتماسك وانتظام النسيج واللين الذى به تنقاد للاعمال

وأما العيوب التى تشاهد فى الاخشاب فهى العقد والتلافيق والنخوخ والاقراص والتفلق والنخر والتسويس

أما العقد فتنشأ من عدم استقامة العروق وبها يصعب استعمال الخشب فى عمليات النجارة وأما التلافيق فهى عروق ملتفة بواسطة نسر منقطع اتصالها وبذلك تقل صلابة الخشب ومنشأها تأثير الرياح الشديدة فى الاشجار حال صغرها وأما النخوخ فهو

وجود طبقة غير صلبة منشأها البرد الشديد وأما الاقراص فهى فلوق عميقة مستديرة متجهة جهة المركز توقف سير العروق ويتسبب عنها قلة صلابة الاشجار وانكسارها ويتولد منها تسويس ومنشأها شدة البرد والهواء وأما التفلق فهو عبارة عن شروخ غير عميقة تظهر فى اتجاه العروق ومنشأها سرعة جفاف الطبقة العليا من الخشب وعند استعمال هذا الخشب يلزم ازالة الطبقة العليا التى حصل فيها الفلوق وأما الجو فهو تعفن ينشأ فى الخشب متى لم يتم تصاعد المادة المغذية له بالتجفيف وهذا الجو يضر بالاخشاب الموجود فيها وبالاخشاب المجاورة لها أيضا وأما التسويس فيحدث من ديدان صغيرة تأكل قلب الخشب

(حفظ الخشب)

يحفظ الخشب من العيوب فى البلاد التى يجلب منها طريقتان

الطريقة الاولى انه يلزم بعد ازالة الاجزاء المعطوبة منه ووضع القطران محلها ان يجعل تحت سقائف ذات هواء متجدد الى ان يتصاعد ما به من المواد الرطبة ويتم جفافه وان وضع فى المبانى غير تام الجفاف نشأ عنه مضرتان احداهما تسوس الخشب والثانية ضموره فلذا يشاهد فى البلاد التى تجلب منها الاخشاب ان الاخشاب المهيئة للعمارات تجعل عرضة للحوادث الجوية مدة سنوات والمهيأ منها للتسقيف يكفى له ثلاث سنوات وأما الذى يراد تنجيره فيترك خمس سنوات

الطريقة الثانية ان تغمر الاخشاب بعد ازالة الاجزاء المتعفنة فى الماء مدة من الزمن ثم تعرض بعد ذلك للهواء حتى يتم جفافها ويمكن بدل وضعه فى الماء ان يدفن فى الرمل أو فى الارض الرطبة مدة من الزمن ثم يجفف بعد ذلك فى الهواء وقد تدهن الاخشاب بيوية الزيت بعد وضعها فى محلها لحفظها

وبواسطة التجربة اخترع طريقة لحفظ الاخشاب وهى ان يدخل فى عروق الشجر مادة تسمى بير ولونيت الحديد وهى ملح متحصل من وضع قطع من الحديد فى حمض الازوتيك الخام الذى يتولد من تقطير الاشجار وكيفية ادخال هذه المادة ان يوضع حوض قريبا من اسفل الاشجار قبل قطعها وتوضع فيه هذه المادة ذائبة ثم ينقر فى أسفل كل شجرة نقرتان من جهتين متقابلتين فعند تصاعد الكيموس فيها تنجذب معه هذه المادة فتسرى داخل العروق منتشرة الى أعلى

أو ان تصف الاشجار صفا رأسيا بعد قطعها ثم يوضع الحوض محاذيا لها من أعلى

فبواسطة

فبواسطة الجذب تنتشر المادة من أعلى الى لاسفل فى جميع أجزاء الشجر وقد وجد بالتجربة ان هذه المادة سهلة السريان فى بعض الاخشاب وصعبة فى غيرها بحيث لا تسرى الا فى الطبقات العليا وبهذه الطريقة يمكن تلوين الاشجار باستعمال المواد الملونة وقد استعملوا فى بعض العمليات سلفات النحاس بدل هذه المادة

(طريقة أخرى لحفظ الاخشاب وتجفيفها)

وهى ان توضع الاخشاب التى يراد حفظها وتجفيفها فى صندوق من خشب البلوط ليس به منفذ فى جانب من جوانبه وقريبا من قاعه حنفية ثم يملأ ماء ويوضع قريبا من تنور مركب عليه قزان كبير محكم الغطاء ومملوء بالماء وبه أنبوبة موصلة للصندوق ثم توقد النار تحت القزان فيسخن الماء فتحدث حرارة تسرى من الانبوبة الى الصندوق فيسخن الماء الموجود به فاذا سخن صبوه بواسطة الحنفية وهكذا حتى يشاهد ان الماء يسيل من حنفية الصندوق رائقا لا تغير به فاذا كان كذلك علم ان العملية قد تمت وقد شوهد من هذه العملية ان الخشب يكتسب خواص وهى (أولا) ان الاخشاب تزداد ثلث المتانة (وثانيا) ان الاخشاب التى كانت تستغرق عدة سنوات فى جفافها تجف بواسطة هذه العملية بسرعة (وثالثا) ان الاخشاب التى لا تصلح لشئ تصير بهذه العملية صلبة صالحة لكثير من الاعمال (ورابعا) الاخشاب التى جرت عليها هذه العملية لا يحصل بها تفلق ولا يكون للسوس عليها سلاطة (وخامسا) ان الاخشاب تصير لينة بحيث يمكن تعديل المنحنى وحنى المستقيم منها وقد يمكن أيضا بهذه الطريقة تلوين الاخشاب وكيفية ذلك ان يستبدل الماء بمادة ذائبة يدخلها اللون المطلوب أو بعد غليان الخشب مرة واحدة بالطريقة المتقدمة توضع المادة الملونة فيتلون باللون المطلوب

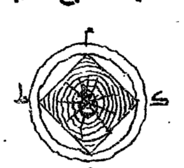
ويمكن ان يوضع ملح الطعام فى الصندوق المتقدم فبواسطة ذلك لا تكون الاخشاب عرضة للتلف

ولاجل ان لا يكون الخشب قابلا للاحتراق يلزم وضعه فى مادة يدخلها الشب وسلفات الحديد

(فى الرسم على قطاع الشجر لاجل نشره قطعا للاشغال)

المطلوب رسم أكبر مربع يمكن رسمه على قطاع قطعة خشب مستديرة لذلك نبحث عن مركز قطاع القطعة المذكورة وليكن نقطة ع ثم نمر منها قطرين

متعامدين م ه , ط ك ثم نصل الاربعة أوتار م ط , ط ه , ه ك , ك م فيحدث المربع المطلوب م ط ه ك



وأما اذا كان المطلوب معرفة مقدار ضلع أكبر مربع يمكن رسمه على قطاع قطعة خشب مستديرة بالحساب طول محيط قطاعها معلوم وليكن ٠,٨٨٤٩ م فلذلك نرمز بالرمز س لضلع المربع المجهول و بالرمز ق لقطر المحيط المعلوم وبناء على ما تقدم يكون مقدار

ق = $\frac{٠,٨٨٤٩ \text{ م}}{٣,١٤١٦}$ = ٠,٦٠ م وحينئذ يكون نصف القطر

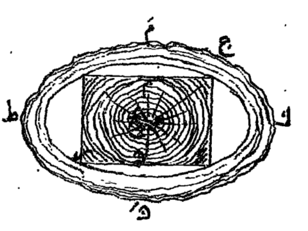
نق = ٠,٣٠ م ويكون س = $\sqrt{٢ \text{نق}^٢}$ = $\sqrt{٢ \times ٠,٣٠}$ أو

س = ٠,٤٢ م

أو يقال نسبة ضلع المربع المرسوم في الدائرة لنصف قطرها :: $\sqrt{٢}$: ١ يعني

س : ٠,٣٠ :: $\sqrt{٢}$: ١ أو س = ٠,٤٢ م

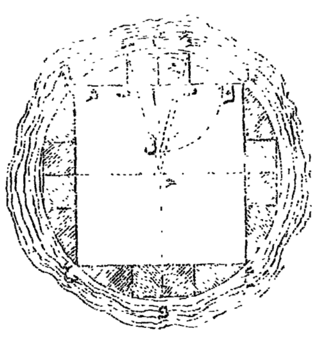
واذا كان المطلوب رسم أكبر مستطيل يمكن رسمه على قطاع قطعة خشب شكله قطع ناقص نعين مركز القطع الناقص وليكن نقطة ع ثم نرسم منها محوريه الأكبر والاصغر ك ط و م ه ثم نصل الوتر م ك ونرسم من المركز ع مستقيم ح ى موازيا للوتر م ك ثم نرسم من نقطة ح مستقيمي ح ع و ح ر موازيين للمحور الأكبر والاصغر ويمثل ذلك



نرسم من نقطة ى المستقيمين ى ع و ى ر فيحدث المستطيل ح ع ى ر المطلوب

ولننبه على ان الرسم المذكور يعمل ابتداء على الطرف الاصغر ولاجل عمل الرسم المشابه أو المناظر له على الطرف الاكبر تثبت خيطا ذا شاقول في نقطة م وتحرك الخشبة حتى ان الخيط ينطبق على مستقيم م ه ثم تثبت الخشبة ونعين مركز الطرف الاكبر ع وبواسطة

و بواسطة خيط آخر ذى شاقول يمر بنقطة المركز ع نعين نقطتى مَ و هَ على محيط الطرف الاكبر وحينئذ يكون المستقيمان م ه و مَ هَ المتناظران فى مستو رأسى وبعد ذلك نرسم على المستقيم مَ هَ الشكل المناظر للرسوم على الطرف الاصغر



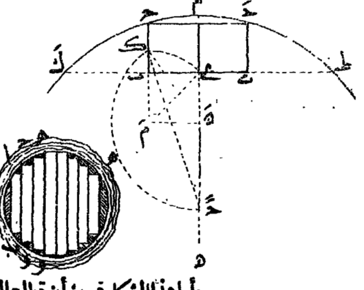
واذا كان المطلوب تعيين نصف قطر قطعة خشب مستديرة بحيث انه يحدث من شقتها مربوعتان متساويتان ضلع احداهما ا ء معلوم لذلك نرسم مستقيمين م ه و ط كَ متعامدين وفى جهة نقطة م نرسم مربعى المربوعتين المعلومتين ا ء حَ ب و ا ء حَ بَ ثم نجعل نقطة ا مركزا وبنصف قطرها نرسم قوس دائرة ك ل ونجعل نقطة ل مركزا وبنصف قطر ل ك نرسم قوس دائرة ك ى ه ثم نصل قطر المربوعة ا حَ فيقطع قوس ك ى ه فى نقطة ى ونصل المستقيم ى ل ونرسم من نقطة حِ مستقيم حَ ح موازيا للمستقيم ى ل فيقابل مستقيم م ه فى نقطة ح وهى مركز القطعة المعلومة ويكون مستقيم حِ ح هو نصف القطر المطلوب الموافق لقطعة الخشب حَ بَ ب حِ المفروضة

فاذا فرضنا أن قطاع احدى المربوعات = ٧ . , ٠ م يكون ح حَ = ٢٧ , ٠ م ويكون القطر = ٥٤ , ٠ م وبادخال ظهر الخشبة فى الحساب نجد أن الخشبة التى تحل المسألة يلزم أن يكون قطرها ٦ , ٠ م والشقة المركزية طِ كَ عِ عَ يكون

ضلعها ٣٨ و٠ م أو ا ح = ١٩ و٠ م
ويكون هذا الرسم بعينه اذا كان المطلوب استنباط ألواح بأبعاد معلومة من شقق القطعة

(طريقة أخرى لايجاد نصف القطر المذكور)

وهى أن نبتدئ برسم القطعة ح حَ ب المعلومة على المستقيمين المتعامدين م ه و ط كَ ثم نأخذ مستقيم ب مَ = ب ح = ب ى ونجعل نقطة مَ مركزا وبنصف قطر مَ ى نرسم قوس ى ك ثم نرسم مستقيم مَ هَ موازيا لمستقيم ط كَ ثم نجعل نقطة هَ مركزا وبنصف قطر هَ ك نرسم قوس ك ه ح فيكون مستقيم حً ح = حً حَ هو نصف القطر المطلوب الموافق للقطعة المفروضة



والشكل الآتي يبين أن قطاع قطعة الخشب مفصل ألواحا ارتفاعاتها مختلفة وانما عند نشر الالواح يجب أن تكون خطوط ارتفاعاتها وهى ا ب و ح ى و ه و و . . . الخ رأسية بواسطة الخيط ذى الشاقول

وأما هذا الشكل فيبين أن قطاع القطعة الخشب مفصل الى عشرة ألواح ارتفاعاتها متساوية والى مربوعتين وأما الفضلات فهى أربعة شكل احداها م وأربعة أخر شكل احداها ى وتتنوع أشكال الرسم على قطاع قطعة الشجر المقطوعة على حسب امتدادات الخشب المطلوب سواء كان للبناء أو غيره

واذا

واذا كان المراد استخراج الجزء الصلب الذى يصلح للبناء من شجرة مقطوعة نفرض أن ا ب ح ء محيط قطاع الشجرة ونصل ا ح قطره ونقسم هذا القطر الى ثلاثة أقسام متساوية بنقطتى ١ , ٢ ونقيم منهما عمودى ١ ء , ٢ ب ثم نصل الاوتار ب ح , ح ء , ء ا , ا ب فيكون المستطيل ب ح ء ا الحادث هو الجزء الصلب المطلوب وفى هذا الشكل يكون سمك الخشبة المطلوب وهو ح ء أكبر من عرضها ح ب واذا وضعت عتبا أو فى سقف بحيث يكون السمك ح ء رأسيا كان هذا الوضع مانعا لانحنائها وهذا هو السبب الموجب لاختيار هذا المستطيل عن أعظم مربع يرسم داخل المحيط المذكور ومساحتا الشكلين المذكورين يقربان من بعضهما

(فى أخشاب السقوف وقوانينها)

أخشاب السقوف نوعان الاول الاعتاب والثانى المربوعات أما الاعتاب فتستعمل لوضع المربوعات عليها حين لا يمكن وضع المربوعات على الحيطان وأما المربوعات فهى قطع من الاخشاب أطرافها تتكئ على الاعتاب أو الحيطان وهى حاملة لارضية المحلات العليا ومسقفة للمحلات التى تحتها وهناك من جعل السقوف نوعين الاول أن يكون السقف مصنوعا من مربوعات تتكئ على الحيطان والثانى أن يكون مصنوعا من أعتاب أصلية معشق بها أعتاب أخر صغيرة توضع فوقها المربوعات وتحمل علفة السقف والتجاريب دلت على أن توضع المربوعات فى السقف بحيث يكون الفارغ قدر الملآن وأن ارتفاع المربوعة لا يكون أقل من $\frac{١}{٢٤}$ من طولها وأما الاعتاب فيكون بعدها عن بعضها من ٣ الى ٤ م وارتفاع العتب لا يكون أقل من $\frac{١}{١٨}$ من طوله والقاعدة المتبعة أن تكون المربوعات متباعدة عن بعضها بمقدار ٠,٣٠ م بين محورين متواليين واذا رمزنا بالرمز ح لعرض المربوعة , ط لطولها , سمـ لسمكها الرأسى أو ارتفاعها يكون القانون

و = ٠,٠٣٦٢٦ $\sqrt[3]{\frac{ط^{٢}}{ح}}$ هو الذى يعلم منه امتدادات المربوعة اذا كانت من

الخشب النقى و

و = ٠,٠٣٧٩ $\sqrt[3]{\frac{ط^2}{ح}}$ اذا كانت من البلوط

ولننبه على ان مقدار و لايكون أقل من ٠,٠٥ م

وأما الاعتاب فيستعمل لهـا هذا القانون

و = ٠,٠٦٩٢ $\sqrt[3]{\frac{ط^2}{ح}}$ اذا كانت الاعتاب من خشب نقى و

و = ٠,٠٧١١ $\sqrt[3]{\frac{ط^2}{ح}}$ اذا كانت الاعتاب من البلوط

وأما الاعتاب الصغيرة المعشقة بالاعتاب الاصلية فيكون بعدها عن بعضها من ١,٣٠

الى ٢ م وتحسب امتداداتهـا بهذا القانون

و = ٠,٠٥٦٤ $\sqrt[3]{\frac{ط^2}{ح}}$ اذا كانت الاعتاب من نقى و

و = ٠,٠٥٨٢ $\sqrt[3]{\frac{ط^2}{ح}}$ اذا كانت الاعتاب من بلوط

والمربوعات التى توضع فوق الاعتاب تحسب مقاديرهـا كما تقدم

وأما المدادات المستعملة للعلفة فعرضها لايزيد عن ٠,٠٥ م وأما ارتفاعها فيحسب

بهذه القوانين

و = ٠,٠١٠٥ $\sqrt[3]{\frac{ط^2}{ح}}$ اذا كانت من نقى و

و = ٠,٠١١ $\sqrt[3]{\frac{ط^2}{ح}}$ اذا كانت من بلوط

(فى الاعتاب الملبسة)

الاعتاب الملبسة أنواع كثيرة تستعمل بحسب الاحوال ولنذكر أبسطها فنقول

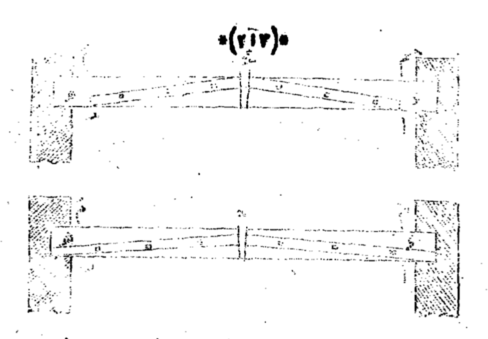
اذا كان العتب الخشب ا ب م َ م يخشى من انحنائه فتلبس بأربع قطع من الحديد

يوضع منهـا اثنتان ح ى , ح هـ فى السطح الرأسى الامامى للعتب ا م م َ ب

والاثنتان الاخريان يلبسان فى السطح الرأسى الخلفى ثم تسمر كل قطعتين متقابلتين

بالتناظر بثلاث جاويطات أو أكثر وقطعة الحديد الواحدة تارة يكون طولهـا قدر

نصف طول العتب تقريبا بحيث ترتكز على الحامل ح وتارة يكون أقل من ذلك



(فى اتصال اتجاهات ببعضها بمنحنيات كالطرق والترع وغيرهما)

لأجل سهولة السير يلزم أن تكون منحنيات الاتصال مماسة للاتجاهات المفروضة والاحسن أن يكون شكل تلك المنحنيات اما منحنى قطع مكافئ أو قوس دائرة وهو المختار فى أغلب الاحوال بسبب أن انحناءه موزع بالتساوى على جميع نقط منحنى الاتصال وانما يكون نصف قطر المنحنى صغيرا أو كبيرا على حسب الاهمية

(فى اتصال اتجاهين متقاطعين ومتساويين بقوس واحد)

متى تعين نصف قطر منحنى الاتصال يلزم أن نعين مركزه ولذلك نقيم عمودين على كل من الاتجاهين المفروضين مقدار كل عمود يساوى نصف القطر فتكون نقطة تلاقيهما هى المركز المطلوب وحيث ان هذه الطريقة غير مستعملة فى تحديد المنحنى العظيم الاتساع على الارض التزمنا البحث عن كيفية تحديد القوس على الارض بغير مركزه ولأجل ذلك يلزم معرفة الزاوية سه (شكل ١) الواقعة بين الاتجاهين

ا سه و ب سه المطلوب اتصالهما بقوس ب م ا ومعرفتها تكون بقراءة درجها فى محل العمل ثم معرفة نصف القطر ا و = نق (الذى يفرض معلوما فى أغلب الحالات خصوصا فى سكك الحديد) ثم معرفة بعد كل من نقطتى التماس ا و ب من رأس الزاوية سه وطول المماس ا س = م

فأولا نستخرج طول المماس م من هذا القانون

$$م = \frac{نق}{ظا \frac{1}{2} سه} \quad (1)$$

وثانيا نستخرج نصف القطر نق (بفرض أن المماس معلوم) من هذا القانون

نق = م طا ½ س

وثالثا نستخرج الوتر ا ب = ٢ ك من المثلثين ا س و , ا ل و من هذا التناسب

$$ك = \frac{نق\ م}{\sqrt{نق^2 + م^2}}$$

(شكل ١)

والنقطة الشهيرة مَ المحققة لتخطيط القوس على الارض الموجودة فى منتصفه وفى المستقيم و س المنصف لزاوية المماسين يستخرج بعدها س مَ من هذا القانون

$$س\ مَ = س\ و - نق = \sqrt{نق^2 + م^2} - نق$$

وأما البعد ل و فيستخرج من هذا التناسب

$$و\ ل \times و\ س = \overline{ا\ و}^2 \quad أو$$

$$و\ ل = \frac{نق}{\sqrt{نق^2 + م^2}}$$

وأما مقدار السهم مَ ل فيستخرج من هذه المعادلة مَ ل = و مَ - و ل أو

$$مَ\ ل = نق - \frac{نق^2}{\sqrt{نق^2 + م^2}}$$

(فى طرق تخطيط قوس على الارض مجهول المركز بعد معرفة نصف قطره)

(وبعد كل من المماسين والزاوية المحصورة بينهما)

(الطريقة الاولى)

يمكن تحديد قوس دائرة مجهول المركز على الارض بواسطة الجرافوميتر بواسطة تقاطع الاشعة

الاشعة البصرية انما يلزم لذلك أن تكون زاوية ا م ب = هـ (شكل ٢) لنقطة ما كنقطة م من القوس المراد تحديده ثابتة لجميع نقط القوس المذكور

ويمكن تعيين زاوية هـ بدلالة زاوية ى المعلومة ولذا يقال ان زاويتى هـ و ى مع زاويتى ح و ع من المثلثين ا س ب و ا م ب مرتبطة بهاتين المعادلتين

هـ + ح + ع = ١٨٠° و

ى + ٢ح + ٢ع = ١٨٠°

اللتين يستخرج منهما زاوية هـ والمجموع ح + ع فمن المعادلة الثانية نجد

ح + ع = ٩٠° - ى/٢

وبوضع ٩٠° - ى/٢ فى المعادلة الاولى بدل ماساواه نجد

هـ = ٩٠° + ى/٢

فلو وضعنا جرافوميترين فى كل من نقطتى التماس ا و ب بشرط أن نوجه العضادة الثابتة لكل منهما على اتجاه الوتر ا ب ونعين بواسطة العضادتين المتحركتين لكل منهما زاويتين مختلفتين حاصل جمعهما ٩٠° - ى/٢ لتحصل من تقابل الشعاعين البصريين للجرافوميترين نقطة من القوس المطلوب وبتوالى العمل بوجه ماذكر نتحصل على نقط من القوس المطلوب بقدر ما يراد انما صعوبة هذه الطريقة ناتجة من عدة أوجه وهى أولا يلزم وجود راصدين فى آن واحد وجرافوميترين وثانيا يلزم أن تكون المسافة من الارض المحصورة فى قطعة الدائرة ا م ب مكشوفة

بتمامهامن وضعى ا و ب وثالثا أن نقط المنحنى الحادث تكون قليلة الانضباط بسبب تقاطع الاشعة البصرية فى زوايا حادة جدا

(الطريقة الثانية)

يمكن تخطيط قوس مجهول المركز على الارض بواسطة مسطرتين بمر بثلاث نقط معلومة ا و ب و م (شكل ٣) فى حالة مايكون نصف قطره عشرة أمتار تقريبا لذلك نثبت مسطرة ا م بمسطرة م ب فتحدث بينهما زاوية م التى يلزم أن تكون ثابتة لجميع نقط القوس المطلوب تحديده ثم نضع فى رأسها قلما راسما ونحرك هاتين المسطرتين بشرط أن مسطرة ا م توجد دائما على نقطة ا ومسطرة ب م توجد دائما على نقطة ب فبتلك الحركة يتحدد القوس المطلوب برأس الزاوية م

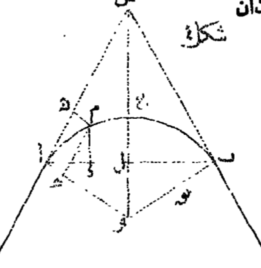
(الطريقة الثالثة)

وهى تستعمل لتخطيط قوس فى حالة مايكون نصف القطر كبيرا جدا وفيها ثلاث حالات لانه يمكن حساب بعد أى نقطة كنقطة م من القوس المجهول المركز المراد تحديده بواسطة احداثيها الرأسى اما بالنسبة لنصف القطر ا و = و ب = نق المار باحدى نقطتى التماس واما بالنسبة لأحد المماسين ا سه = سه ب واما بالنسبة للوتر ا ب

(الحالة الاولى) نستخرج الرأسى م هـ المجهول بالنسبة لنصف القطر نق (شكل ٤) بحساب أنه وسط متناسب هندسى بين البعد ا هـ المتغير من ابتداء نقطة ا مبدأ القوس وبين نق ـ ا هـ وحيث ان الحساب بالنسبة الى نق والتخطيط على الارض بواسطته يلزم له مسافة عظيمة من سطح الارض داخل القطاع ا و ب فى حالة مايكون نق كبيرا جدا فالاحسن أن تحسب رأسيات نقط القوس بالنسبة للمماس ا سه

الحالة

(الحالة الثانية) (شكل ٤) نستخرج الرأسى م ﻫ بالنسبة للماس ا س بأن يقال
م ﻫ = ا ﻫ = نق − ﻫ و وحيث ان



$$ﻫ و = \sqrt{نق^2 - \overline{ا ﻫ}^2}$$ فيكون

$$م ﻫ = نق - \sqrt{نق^2 - \overline{ا ﻫ}^2}$$

فاذا أعطى للتغير ا ﻫ مقدار ماينتج للرأسى م ﻫ مقدار .
(الحالة الثالثة) اذا كان المراد استخراج الرأسى م ى المجهول بالنسبة للوتر ا ب نعين بعد ل ى عن المحور و س فنجد

$$م ى = ح ل = ح و - و ل \quad (١)$$ وحيث ان $$ح و = \sqrt{نق^2 - \overline{ل ى}^2}$$ وان

$$و ل = \frac{نق^2}{\sqrt{نق^2 + م^2}}$$ فمعادلة (١) تؤل الى

$$م ى = \sqrt{نق^2 - \overline{ل ى}^2} - \frac{نق^2}{\sqrt{نق^2 + م^2}}$$

و بواسطة قوانين الحالة الثانية والثالثة حسبت جداول مستعملة فى تخطيط منحنيات سكك الحديد وغيرها والمستعمل عند مهندسى سكك الحديد طريقة حساب الرأسيات بالنسبة للماس ويقسمونه أقساما متساوية ويقيمون أعمدة من نقط التقاسيم على المماس بقدر الامتار المحسوبة لها فى جدول المنحنى ثم يضعون أوتادا فى نهايات الاعمدة المذكورة فالخط المنحنى الجامع للاوتاد هو القوس المطلوب تخطيطه

(الطريقة الرابعة) اذا كان المراد تخطيط قوس دائرة على الارض مجهول المركز مماس للاتجاهين المتلاقيين ا س ، س ب (شكل ٥) نأخذ على اتجاه ا س بعد ا ح = ح ى ونجعل نقطة ح مركزا و بنصف قطر ح ى نرسم قوسا ونفرض أن وتره المجهول

ء م = ءَ/ا ثم نصل مستقيم حـ م ونأخـذ على استقامته بعد م ءً = ا ء = ل
وننصفه بنقطة حـً ونجعلها مركزا وبنصف قطر حـً ءً نرسم قوس دائرة فيكون
ءً مً = ءَ/ا وبتوالى العمل بوجه ماذكر تحدث نقط ا و م و مً و . . . الخ القوس
المطلوب تخطيطه لانه لو أقيم من تلك النقط أعمدة على اتجاهات ا حـ و حـ حـً و حـً حـً
لتقاطعت فى نقطة و مركز القوس وتكون حينئذ متساوية ويكون ا سـ
مماسا للقوس فى نقطة ا وأما مقدار بعد ءَ/ا فيستخرج من هذا القانون

$$ء = ل جا \left(\frac{١٨٠^{\circ} - سـ}{٢ (ع + ١)}\right)$$

الذى فيه سـ زاوية المماسين و ع عدد النقط المطلوب تحديدها من القوس بين نقطتى التماس ا و ب

شكل ٥

ولاجل تخطيط هذا القوس على الارض بسهولة نأخذ مسطرة طولها بالاقل ٣/٢ ل (شكل ٦) مثبتا فى احدى نهايتيها قضيب صغير مدرج يتحرك حول مفصله منها ويمكن تثبيته على هذه المسطرة بواسطة مسمار مقلوظ بحيث يجعل بينه وبين المسطرة الزاوية المطلوبة ثم نحدد على هذه المسطرة بعد
ء حـ = حـ ا = ا هـ = ل/٢ ونأخذ على الحرف الخارج للقضيب الصغير
المتحرك بعد ء م = ءَ/ا ثم نثبت القضيب على المسطرة بالانفراج اللازم
بحيث يكون بعد ء حـ = م حـ ثم بعد ذلك نضع اتجاه المسطرة على اتجاه المماس
بحيث تكون نقطة ا من المسطرة منطبقة على نقطة التماس ا فحينئذ نقطة م

من

من المسطرة تحدد أول نقطة م من القوس فنغرس فيها وتدا ونعلم أيضا محل نقطة
ﺟ من اتجاه المماس ثم ننقل المسطرة ونضعها في اتجاه ﺣ م بحيث تكون نقطة
ﻫ منطبقة على نقطة ﺣ ففي الوضع الثاني نقطة م من المسطرة تحدد النقطة
م الثانية من القوس فنغرس فيها وتدا وبمثل ذلك نحدد في الارض باقي نقط
القوس الى حد نقطة ب

واذا أردت معرفة مقدار انفراد قوس ا ب ليكون التخطيط على مقتضاه فاستخرجه من هذا التناسب

قوس ا ب : ٢ ط نق :: ١٨٠ − س : ٣٦٠ أو

قوس ا ب = ط نق $\left(1 - \frac{س}{١٨٠}\right)$

والرمز س هو مقدار الزاوية المحصورة بين المماسين الذي يعلم بالدرج وكسورها في محل العمل

(في اتصال مماسين متلاقيين غير متساويين بمنحن)

لا يحصل احيانا على وجود مماسين متساويين بسبب وجود موانع كالمباني والجبال والمياه وغير ذلك فيضطر المهندس على أخذ مماسين غير متساويين

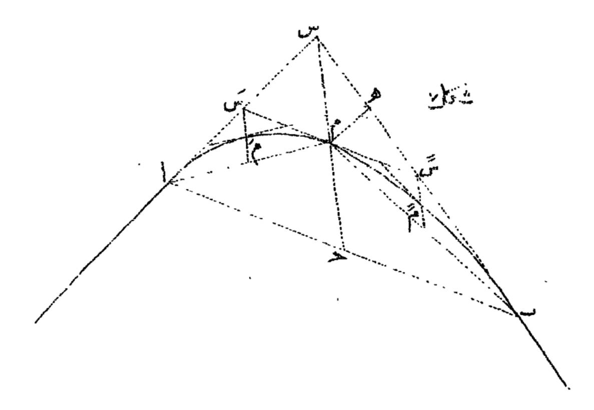
(في اتصال مماسين متلاقيين غير متساويين بمنحنى قطع مكافئ)

منحنى القطع المكافئ له خاصيتان بواسطتهما يسهل به الاتصال

(الاولى) هي انه لو وصل مستقيم س ﺣ بين نقطة س تلاقي المماسين (شكل ٧) ونقطة ﺣ منتصف المستقيم ا ب الواصل بين نقطتي التماس لكانت نقطة م منتصف المستقيم س ﺣ الموصول من منحنى القطع المكافئ

(والثانية) هي انه لو رسم من النقطة م مستقيم س َ س َ مواز للمستقيم ا ب الواصل بين نقطتي التماس لكان مماسا للقطع المكافئ ولنذكر طريقتين لتخطيط القطع المكافئ فنقول

(الطريقة الاولى) لتكن نقطتا التماس ا , ب ونقطة س تلاقى المماسين فلو وصلنا مستقيم ا ب ونصفناه بنقطة ح ووصلنا مستقيم ح س لكانت نقطة م منتصفه من منحنى القطع المكافئ ولو رسمنا من نقطة م مستقيم سَ سً موازيا بالمستقيم ا ب لكان مماسا لمنحنى القطع المكافئ وحينئذ بواسطة تكرار العملية السابقة على جزئى المماس المذكور وهما سَ م , سً م نحصل على نقطتى مَ , مً وعلى عدة نقط من منحنى القطع المكافئ المطلوب



وبهذه الاجراآت لا يحتاج لوجود مماسين متساويين ولا لمعرفة مقدار بعدهما المذكورين انما يجب معرفة مقدار البعد م س , ا ح

ولذلك نرسم من نقطة م مستقيم م هـ موازيا بالمستقيم سَ سً فيكون

م هـ = سَ سً/٢ = ا ب/٤ و

س هـ = س سَ/٤ و

زاوية

زاوية س ه م متممة لزاوية س وحينئذ يكون معلوما من المثلث م ه س ضلعاه م ه و ه س والزاوية ه المحصورة بينهما فيعلم مقدار م س المجهول ومقدار زاوية ه م س المساوية لزاوية ح س ا وحينئذ فى المثلث ا س ح يكون ضلعاه ا س و ح س معلومين والزاوية ا س ح المحصورة بينهما كذلك فيعلم البعد ا ح

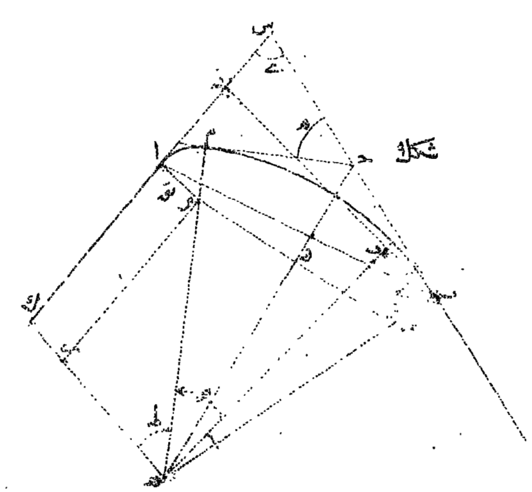
*(الطريقة الثانية) شكل ٨ هى أن نقسم كلا من المماسين المختلفين ا س و س ب الى أجزاء متساوية تكون متحدة العدد ونمرأقسام مستقيم ا س بالنمر ١ و ٢ و ٣ و ٤ و . . . الخ من ابتداء نقطة ا لغاية نقطة س التى لا تنمر ثم نمر أقسام مستقيم س ب من ابتداء نقطة س لغاية نقطة ب بالنمر ١ و ٢ و ٣ و ٤ و . . . الخ فتكون النقط ح و ء و ح و ه و . . الخ الحادثة من تقاطع كل خطين موصولين بين النمرتين المتحدتى الاسم رؤس كثير الاضلاع القريب جدا من منحنى القطع المكافئ المطلوب ولاجل أن يكون حقيقيا يلزم أن تكون نقط التقاسيم قريبة جدا من بعضها وأن تكون الراصدان الكائنان فى جزئين متتابعين من المماس ا س مشاهدين للجزئين المقابلين لهما من المماس الآخر ب س ويضعان شاخصين فى تقاطع المستويين الرأسيين النظريين وهذه العملية تستعمل أيضا فى حالة ما اذا كان المماسان متساويين وانما صعوبتها فى عدم تأكيد مواضع النقط الحقيقية للمنحنى بسبب تقاطع الاشعة فى زوايا حادة جدا

شكل ٨

وأنهما لاتسمح بحساب طول المنحنى بسهولة وصعوبتهما أيضا فى وقت أن تصنع فى المخططات التى يكون فيها المنحنى كبيرا جدا كما فى سكك الحديد فلذلك يترك استعمال منحنى القطع المكافئ ويستعمل منحن يتركب من قوسى دائرة

(فى اتصال مماسين متلاقيين غير متساويين بقوسين مختلفين)

(شكل ٩) لاتصال مماسى ا سه و سه ب متلاقيين غير متساويين بقوسين مختلفين يلزم أن يكون القوسان مماسين الى ا سه و سه ب ومماسين لبعضهما ولاجراء ذلك يقال لتكن ا و ب نقطتى التماس فيوجد مركز أحد القوسين المطلوبين على العمود ا و المقام من نقطة التماس ا على المماس ا سه ويوجد مركز الآخر على العمود ب وَ المقام من نقطة التماس ب على المماس ب سه ونفرض ان نصف قطر أحدهما هو البعد الاختيارى نقَ = ا و ثم نأخذ ب وَ = نقَ ثم نصل مستقيم و وَ ونصفه بنقطة ه ونقيم منها عمود ه د على و وَ ونمد ه د حتى يلاقى عمود ب وَ فى نقطة هـ فتكون هى مركز القوس الثانى المطلوب والمماس د م المشترك بين القوسين فى نقطة م يلزم ان يمر بنقطة د ولنبحث عن قانون يعلم منه نصفا القطرين (شكل ٩)



ولذلك نفرض ان المماس ب سه = م و ا سه = مَ و ح الزاوية الكائنة بينهما و ب هـ = نق و ب وَ = نقَ ثم نسقط نقطة هـ على ا سه فى نقطة ك ثم نقطة ب على ا سه فى نقطة هَ ثم نقطة و على هـ ك فى نقطة ر ثم هـ على ب هَ فى نقطة ف فيحدث من مثلث و هـ ر ان

و هـ^٢ = (نق − نقَ)^٢ = ا ك^٢ + هـ ر^٢   (١)

وحيث ان ا ك = سه هَ + هـ ف − مَ = م جتا ح + نق جا ح − مَ

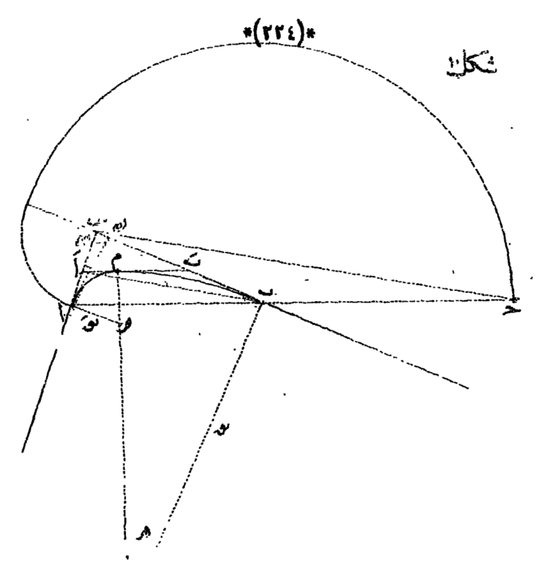
و هـ ر = ب هَ − ب ف − نقَ = م جا ح − نق جتا ح − نقَ فمعادلة (١) تؤل الى

(نق − نقَ)^٢ = (م جتا ح + نق جا ح − مَ)^٢ + (م جا ح − نق جتا ح − نقَ)^٢ وبالتحليل والاختصار يحدث

٢ (مَ نق + م نقَ) جا ح − ٢ نق نقَ (١ + جتا ح) = م^٢ + مَ^٢ − ٢ م مَ جتا ح والطرف الثانى عبارة عن ا ب^٢

ومن هذا القانون يعلم مقدار أحد نصفى القطرين باعطاء مقدار اختيارى للثانى ومنه تعلم احدى الكميات الخمس بعد معرفة الاربع كميات الاخر من أصل معالم المسألة أو استخراج مقاديرها بما يناسبها من الشكل

طريقة أخرى (شكل ١٠) وهى انه بعد تعيين المماس المشترك للقوسين فى حالة ما يكون موازيا للمستقيم ا ب الواصل بين نقطتى التماس يسهل تحديد المنحنى فى هيئة حسنة



ولتعيين المماس المشترك المذكور نمد المستقيم ا ب جهة ب بمقدار ب د = ا س
+ س ب ثم نصل مستقيم س د ونرسم من نقطة ب مستقيم ب اَ موازيا
لمستقيم د س فيقابل ا س في نقطة اَ فلو رسمنا منها مستقيم اَ بَ موازيا
لمستقيم ا ب لكان هو المماس المشترك المطلوب ويكون اَ بَ = ا اَ + ب بَ
يعني لو أخذنا بعد اَ م = ا اَ لكانت نقطة م تماس القوسين ويكون بَ م =
بَ ب فلو أقمنا من نقطة م عمود م هـ على المماس المشترك اَ بَ لاشتمل على
مركزي القوسين المطلوبين وحينئذ إذا أقمنا عمودي ا و , ب هـ على اتجاهي
ا س , ب س من نقطتي التماس ا , ب لحدث المركزان و , هـ المطلوبان
وبجعل نقطة و مركزا وبنصف قطر و م يرسم قوس ا م وبجعل نقطة هـ مركزا
وبنصف قطر هـ م يرسم قوس م ب فيكون مماسا للقوس ا م

ولتعيين

ولتعيين مقدار ا و = نق ننزل من نقطتى ا , ب عمودى اك , ب كَ على مماسى ب س , ا س فيحدث من مثلثى ا ع و , ا كَ ب

نقَ : ا ب :: ا ع : م جا ى وبفرض ان ا ب = ١٢ ع = ٢ ع يكون

نقَ : ٢ ع :: ا ع : م جا ى وحيث ان ا ع = ع − $\frac{م - مَ}{٢}$ فيكون

$$نقَ = \frac{ع(٢ع - (م - مَ))}{م\ جا\ ى}$$

ولتعيين مقدار نق نأخذ من مثلثى ب ع ه , ب ك ا

نق : ٢ ع :: ب ع : م جا ى وحيث ان ب ع = ع + $\frac{م - مَ}{٢}$ = $\frac{٢ع + (م - مَ)}{٢}$ فيكون

$$نق = \frac{ع(٢ع + (م - مَ))}{م\ جا\ ى}$$ ومعلوم من حساب المثلثات ان

$$ع = \frac{\sqrt{م^٢ + مَ^٢ - ٢\ م\ مَ\ جتا\ ى}}{٢}$$

وأما لمعرفة مقدار انفراد المنحنى فى حالة ما يكون المماس المشترك غيره واز للمستقيم ا ب (شكل ٩) فيجب معرفة زاوية ط = و ه ر وان

$$جا\ ط = \frac{و\ ر}{و\ ه} = \frac{ا\ ك}{نق - نقَ}$$ وأ

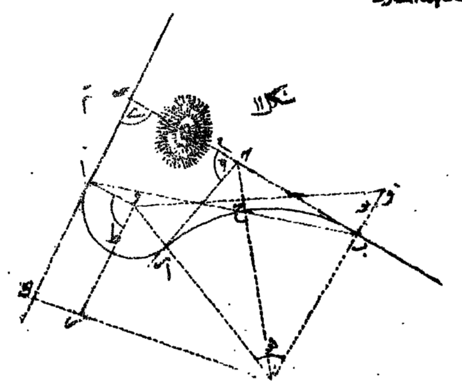
$$جا\ ط = \frac{م\ جتا\ ى + نق\ جا\ ى - مَ}{نق - نقَ}$$

ومعرفة زاوية ه = ١٨٠° − (ى + ط)

وأما فى حالة ما اذا كان المماس المشترك اَ بَ مواز بالمستقيم ا ب (شكل ١٠) فتكون زاوية ط = س ا ب وزاوية ه = س ب ا لتعامد اضلاعهما المتناظرة وحيث ان زاوية س ا ب وزاوية س ب ا يعلمان من حل المثلث ا س ب المعلوم منه المماسان م , مَ والزاوية ى المحصورة بينهما فيعلم مقدار زاويتى ط , ه

(فى اتصال مماسين متلاقيين بمنحن مقلوب قوساه متماسان)
(ونصفا قطريهما مختلفان)

أحيانا توجد موانع تمنع السير على أحد الاتجاهين المتلاقيين و يطلب السير على الاتجاه الثانى وعلى نقطة تلاقيهما كما يحصل ذلك كثيرا فى الطرق التى تصنع فى الاراضى ذات الجبال ولأجل سهولة السير على المنحنى المقلوب يجب أن يكون نصفا قطريه كبيرين بحيث انه عند المرور من قوس لآخر تؤمن عاقبته وكيفية تحديد المنحنى المقلوب (شكل ١١) أن نقيم عمودى او , هوَ على اتجاهى ا سه , ب سه من نقطتى التماس ا , ب ثم نأخذ بعدا ما او = نَق ونأخذ بعد بوَ = او = نَق ونصل مستقيم و وَ ثم نقيم من منتصفه نقطة ح عمود ح ح فيقابل وَ ب فى نقطة هـ فتكون هى مركز القوس الثانى فلو رسمنا القوسين بنصفى القطرين او , ب هـ لتماسا فى نقطة ٢/١ ويكون مستقيم ح ٢/١ مماسهما المشترك



ويستخرج أحد نصف القطرين من هذه المعادلة

٢ (مَ نق ± م نقَ) جا ى + ٢ نق نقَ (١ - جتا ى) = م² + مَ² - ٢ م مَ جتا ى = اب² . (١)

ثم ان مقدار زاوية ط المكملة لزاوية و هـ ر ومقدار زاوية هـ = سه ح ا
يستخرجان من هاتين المعادلتين

جا ط = ± (م جتا ى + نق جا ى - مَ) / (نق + نقَ) و

هـ = ط ∓ ى

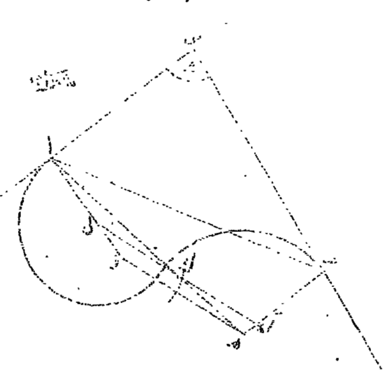
وهنا م و مَ طولا المماسين

(فى اتصال مماسين متلاقيين بمنحنٍ مقلوب قوساه متماسان)
(ونصفا قطريه متساويان)

الاسهل للاتصال بالمنحنى المقلوب أن يكون نصفا قطريه متساويين (شكل ١٢) ويستخرج نصف القطر المذكور من قانون (١) المتقدم بأن يفرض فيه أن نق = نقَ فتحدث هذه المعادلة

٢ نقَ (مَ + م) جا ى + ٢ نقَ² (١ - جتا ى) - اب² = ٠

والطريقة الرسمية لهذه الحالة أن نقيم من نقطة التماس ا عمودا على المماس ا سه ونأخذ عليه بعدا ما كبعد ا ل ونقيم من نقطة ب على المماس ب سه عمود ب لَ = ا ل ثم نصل ا ب ونرسم من نقطة لَ مستقيم لَ ك موازيا له ونجعل نقطة ل مركزا وبنصف قطر يساوى ا ل + ب لَ = ٢ ا ل نرسم قوس دائرة فيقطع مستقيم لَ ك فى نقطة ك ونصل ا ك فيقطع ب لَ فى نقطة هـ فتكون هى مركز أحد القوسين فلو وصلنا مستقيم ل ك ورسمنا من نقطة هـ مستقيم هـ و موازيا له لكانت نقطة و تقابله مع المستقيم ا ل هى مركز القوس الثانى



(فى اتصال الاتجاهات المتوازية بمنحن)

(شكل ١٣) لاتصال اتجاهين ا ب , حـ ء متوازيين بنصف محيط دائره يمر بنقطة ا معلومة على أحدهما نقيم من النقطة ا المعلومة عمود ا حـ على المماس ا ب فيقابل المماس الثانى فى نقطة حـ فلو نصفنا العمود ا حـ بنقطة ه وجعلناها مركزا وبنصف قطر ا ه رسمنا نصف المحيط ا م ه لكان هو منحنى الاتصال المطلوب وتحسب رأسيات نقطه امابالنسبة لقطره ا حـ أو بالنسبة لاحد مماسيه

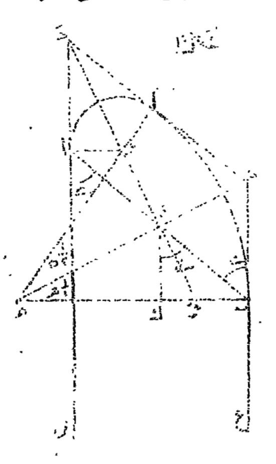
شكل ١٣

(فى اتصال مماسين متوازيين بقوسين متماسين نصفا قطريهما)

(مختلفان يمران بنقطتين معلومتين عليهما)

(شكل ١٤) لتحديد منحن متركب من قوسين متماسين نصفا قطريهما مختلفان ومماسان

ومماسان لاتجاهين متوازيين ل حَ , ع ح في نقطتين معلومتين عليهما ا , ب
نقيم من النقطتين المعلومتين عمودي ا و , ب هـ على المماسين ل حَ , ع ح
ونأخذ بعد ا و = نق بالاختيار وبعد ب وَ = ا و ونصل مستقيم و وَ
فيقطع المستقيم الواصل بين نقطتي التماس في نقطة ء التي هي منتصف خطي ا ب , و وَ
ثم تقيم من نقطة ء عمود



جء على و وَ فيقابل ب هـ
في نقطة هـ فتكون هي مركز
القوس الثاني فاذا جعلنا كلا
من نقطتي و , هـ مركزا ورسمنا
قوسي ا م , م ب يتماسان
في نقطة م ويكون المستقيم م ح
المماس المشترك ويستخرج من هذه
المعادلة

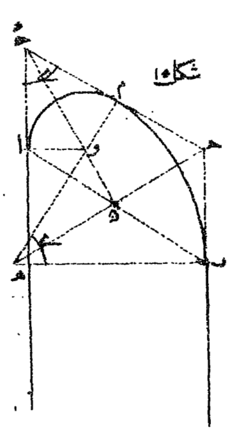
$$\overline{ا ب}^{٢} = ا ب \left(نق + نقَ \right)$$
$$٢ \; جا \; ح - ٤ \; نق \; نقَ$$

مقدار أحد نصفي القطرين بأن
يفرض للثاني مقدار ويستخرج من
هذه المعادلة

$$ظا \tfrac{١}{٢} هـ = \frac{ا ب \; جتا \; ح}{٢ \; نق - ا ب \; جا \; ح}$$

مقدار زاوية هـ وبعد معرفة نصفي القطرين وزاوية هـ تعلم الزاوية المحصورة
بين المماسين ومقدارهما وبعد ذلك يسهل رسم كل من القوسين على الارض نقطة
فنقطة بواسطة الطرق السابقة

وحيث ان هذه الطريقة غير معينة الحل فهناك طريقة معينة الحل فيها نصفا القطرين
معينان



(شكل ١٥) وهي ان ننصف مستقيم ا ب بنقطة ۵ ونأخذ بعد ب د = ب ۵ ونرسم مستقيم د دَ موازيا المستقيم ا ب وننصفه بنقطة م ونقيم منها عمود م و على د دَ فيقابل العمود المقام من نقطة ب على المماس ب د في نقطة ه فتكون هي أحد مركزي القوسين ثم نقيم من نقطة ا عمود ا و على المماس ا دَ فيقابل مستقيم م ه في نقطة و فتكون هي المركز الثاني وتكون نقطة م تماس القوسين ويكون مستقيم د دَ المماس المشترك ويشترط أن تكون الثلاث نقط الآتية وهي ۵ منتصف ا ب ونقطة المركز و ونقطة دَ على مستقيم واحد منصفا الزاوية دَ

وان المماسات الاربعة لكل من القوسين متساوية واحدها = $\frac{ا ب}{٢}$ وان الزاوية المركزية للقوس الاكبر = ى المعلومة والزاوية المركزية للقوس الاصغر متممة لزاوية ى المعلومة ويستخرج من هذين القانونين

نق = $\frac{ا ب}{٢}$ ظتا $\frac{١}{٢}$ ى و

نقَ = $\frac{ا ب}{٢}$ ظا $\frac{١}{٢}$ ى مقدار نصفي القطرين

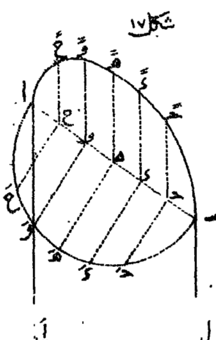
(في اتصال مماسين متوازيين بقوسين متماسين تمر نقطة تماسهما بنقطة)
(معلومة على مستقيم مائل على هذين المماسين)

(شكل ١٦) اذا كان المراد اتصال المماسين المتوازيين م ى و ى د بقوسين تمر نقطة تماسهما بنقطة ا من المستقيم و ب المائل على هذين المماسين تمد المماسين المتوازيين حتى يتلاقيا مع المستقيم و ب في نقطتي و، ب

ثم

ثم نقيم من نقطة ا المعلومة عمود ا هـ على
مستقيم و ب ونأخذ بعد ب ح = ب ا
ثم نقيم عمود ح هـ على المماس ء ح فيقابل
مستقيم ا هـ فى نقطة هـ فتكون هى أحد
مركزى القوسين ثم نأخذ بعد و ءَ = و ا
ونقيم عمود ءَ هَ على المماس ءَ م فيقابل
مستقيم ا هـ فى نقطة هَ فتكون هى مركز
القوس الثانى فلو جعلنا نقطة هـ مركزا
وبنصف قطر هـ ح رسمنا قوس ا ح ثم
جعلنا نقطة هَ مركزا وبنصف قطر هَ ءَ
رسمنا قوس ءَ ا لتماس القوسان المطلوبان فى نقطة ا المعلومة على المستقيم المعلوم
وحساب رأسيات نقط القوسين بالنسبة للمماسات يكون كما تقدم

(طريقة أخرى)



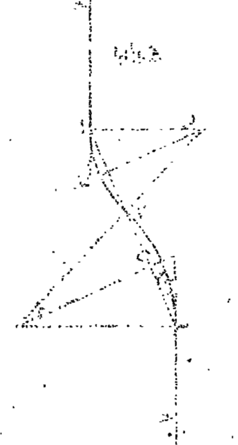
(شكل ١٧) لاتصال مماسين ب ل , ا لَ
متوازيين بمنحنٍ يتحدد نقطة فنقطة ويمر
بنقطتين ا , ب معلومتين عليهما نرسم على
المستقيم ا ب نصف محيط دائرة ونقيم من نقط
مستقيم ا ب وهى ح , ء , هـ , . . . الخ
أعمدة ح حَ , ء ءَ , هـ هَ , . . . الخ
عليه ونرسم من تلك النقط مستقيمات ح حً , ء ءً
, هـ هً , . . . الخ موازية للمماس ب ل
ونقطع البعد حً حً = ح حَ , ءً ءً = ء ءَ
, هـ هً = هـ هَ , . . . الخ فالمنحنى

الجامع للنقط الحادثة وهى حَ , ءً , هً , . . . الخ هو منحنى الاتصال المطلوب
وحساب الرأسيات حَ حَ , ء ءَ , ه هَ يكون كما تقدم

(فى اتصال اتجاهين متوازيين بمنحنى مقلوب نصفا قطريه)
(مختلفان بمر بمستقيم مائل عليهما)

(شكل ١٨) لاتصال اتجاهين متوازيين ت تَ , ح حَ بمنحنى مقلوب نصفا قطريه مختلفان بمر بمستقيم ا ب مائل على الاتجاهين المذكورين

نأخذ على مستقيم ا ب بعدا ما كبعد ب م وننصفه بنقطة ء ونقيم منها عمود ء ه على ا ب فيقابل العمود ب ه المقام من نقطة ب على اتجاه ب ح فى نقطة ه فتكون هى أحد مركزى القوسين المطلوبين فنجعلها مركزا وبنصف قطر ب ه نرسم قوس ب م ثم نصل مستقيم م ه ونمده على استقامته حتى يقابل العمود ا و المقام من نقطة ا على اتجاه ا حَ فى نقطة و فتكون هى مركز القوس الثانى فنجعلها مركزا وبنصف قطر و ا نرسم قوس م ا وبعد معرفة زاوية ى وطول مستقيم ا ب بحل العمل نستخرج من هذه المعادلة

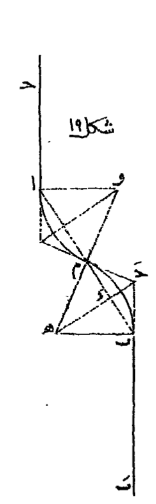


$$نق + نَق = \frac{ا ب}{٢ جا ى} \qquad (١)$$

أحد نصفى القطرين باعطاء الآخر مقدارا ما وهذه الطريقة غير معينة الحل

(فى اتصال اتجاهين متوازيين بمنحنى مقلوب نصفا قطريه)
(متساويان بمر بمستقيم مائل عليهما)

(شكل ١٩)



(شكل ١٩) الاسهل لاتصال اتجاهين ب بَ و ا حـ
متوازيين بمنحن مقلوب يمر بمستقيم ا ب مائل عليهما أن
يكون نصفا قطريه متساويين وبناء على ذلك يؤل قانون
(١) السابق الى

نق = ا ب / ٤ جا حـ   (١)

وارسم هذا المنحنى ننصف المستقيم ا ب بنقطة م
ونقيم من منتصف ب م عمود دَ ء فيقابل العمود المقام
من نقطة ب على المماس ب بَ في نقطة هـ فتكون
هي أحد مركزى القوسين المطلوبين ثم نصل مستقيم
هـ م ونمده على استقامته حتى يقابل العمود المقام من نقطة
ا على المماس ا حـ في نقطة و فتكون هي مركز
القوس الثاني فلو جعلنا نقطتي و , هـ مركزين
وبنصف قطر ب هـ رسمنا قوسى ب م , ام لتحدد
المنحنى المطلوب وحساب رأسيات نقطه بالنسبة للماسات
يكون كما تقدم

(في اتصال مماسين متوازيين ا اَ , ب بَ بمنحن مقلوب يمر بمستقيم عمودى على أحدهما)

(شكل ٢٠) الاسهل أن يكون نصفا قطر المنحنى
متساويين وبناء على ذلك قانون

(١) يكون نق = ا ب / ٤   (١)

وارسم هذا المنحنى نقسم ا ب أربعة أقسام متساوية
ب هـ = هـ م = م و = و ا ونجعل نقطتي هـ , و
مركزا وبنصف قطر يساوى أحد الاقسام نرسم نصفى
المحيطين ا ع م و م عَ ب فيكون المنحنى ا ع م عَ ب

هو منحنى الاتصال المطلوب ويكون حساب رأسيات نقطه كما تقدم

(طريقة أخرى)

(شكل ٢١) وهى ان نأخذ من مستقيم ا ب بعدا ما كبعد ا و = و م ونرسم به نصف محيط دائره ا ع م ثم نأخذ بعد م هـ = هـ ب ونرسم به نصف محيط دائره م عَ ب فيكون المنحنى الحادث ا ع م عَ ب هو منحنى الاتصال المطلوب

وهذه الطريقة تستعمل فى حالة وجود موانع تمنع الاتصال بالقوسين المتساويين

حيث ان قوانين حساب المثلثات المستوية لازمة فى حساب الاحد والعشرين شكلا المتقدمة وفى أغلب حسابات الرياضة وفى الخرط المثلثية وجب ان نشرحها بالاختصار فنقول

(شكل ١) لاجل السهولة يفرض فى القوانين المذكورة ان نصف القطر يساوى واحدا وبهذا الفرض يكون بداهة

جا °٠ = ٠	ظا °٠ = ٠	قا °٠ = ١	جتا °٠ = ١	ظتا °٠ = ∞	قتا °٠ = ∞
جا °٩٠ = ١	ظا °٩٠ = ∞	قا °٩٠ = ∞	جتا °٩٠ = ٠	ظتا °٩٠ = ٠	قتا °٩٠ = ١
جا °١٨٠ = ٠	ظا °١٨٠ = ٠	قا °١٨٠ = −١	جتا °١٨٠ = −١	ظتا °١٨٠ = −∞	قتا °١٨٠ = ∞
جا °٢٧٠ = −١	ظا °٢٧٠ = ∞	قا °٢٧٠ = −∞	جتا °٢٧٠ = ٠	ظتا °٢٧٠ = ٠	قتا °٢٧٠ = −١
جا °٣٦٠ = ٠	ظا °٣٦٠ = ٠	قا °٣٦٠ = ١	جتا °٣٦٠ = ١	ظتا °٣٦٠ = −∞	قتا °٣٦٠ = −∞

(فى قوانين القسى السالبة المأخوذة فى جهة ا بَ اَ تحت القطر ا اَ)

يفرض أن ـ ى = قوس ا مَ = قوس ا م يكون بداهة

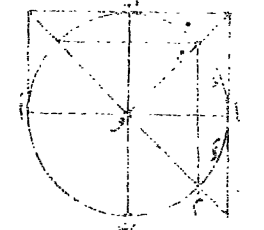
جا

جا (– ى) = – جا ى   ظا (– ى) = – ظا ى   قا (– ى) = قا ى
جتا (– ى) = جتا ى   ظتا (– ى) = – ظتا ى   قتا (– ى) = قتا ى

(فى قوانين القوسين المتكاملين)

بفرض أن ى = قوس ا م يكون مكمل القوس ى هو (١٨٠° – ى) ويكون
جا (١٨٠° – ى) = جا ى ، ظا (١٨٠° – ى) = – ظا ى ، قا (١٨٠° – ى) = – قا ى
جتا (١٨٠° – ى) = – جتا ى ، ظتا (١٨٠° – ى) = – ظتا ى ، قتا (١٨٠° – ى) = قتا ى

(فى الارتباطات الواقعة بين الخطوط المساحية لقوس)



(١) ظا ى = جا ى / جتا ى

(٢) ظتا ى = جتا ى / جا ى

(٣) قا ى = ١ / جتا ى

(٤) قتا ى = ١ / جا ى

(٥) ١ = جا^{٢} ى + جتا^{٢} ى

ويمكن ايجاد قانونى (٢) و (٤) من قانونى (١) و (٣) بان نضع فى (١) و (٣) القوس (٩٠° – ى) بدل ى المتمم له وبواسطة الخمسة قوانين يوجد مقادير خمسة خطوط من الستة المنسوبة لقوس ى متى علم واحد منها مثلا اذا علم جا ى حدث منها

جتا ى = ± $\sqrt{١ - جا^{٢} ى}$ ، ظا ى = ± جا ى / $\sqrt{١ - جا^{٢} ى}$ ، قا ى = ± ١ / $\sqrt{١ - جا^{٢} ى}$

$$\text{ظتا ء} = \pm \frac{\sqrt{1 - \text{جا}^2\text{ء}}}{\text{جا ء}} \quad , \quad \text{قتا ء} = \frac{1}{\text{جا ء}}$$

(فى القوانين التى يؤخذ منها الجيب وجيب المتمم لمجموع قوسين وفاضلهما بواسطة جيبى هذين القوسين وجيبى متممهما)

$$(٦) \qquad \text{جا}(\text{ء} + \text{ح}) = \text{جا ء جتا ح} + \text{جتا ء جا ح}$$

$$(٧) \qquad \text{جا}(\text{ء} - \text{ح}) = \text{جا ء جتا ح} - \text{جتا ء جا ح}$$

$$(٨) \qquad \text{جتا}(\text{ء} + \text{ح}) = \text{جتا ء جتا ح} - \text{جا ء جا ح}$$

$$(٩) \qquad \text{جتا}(\text{ء} - \text{ح}) = \text{جتا ء جتا ح} + \text{جا ء جا ح}$$

اذا جعل قوس ء = ح فى قانونى (٦) و (٨) حدث

$$(١٠) \qquad \text{جا } 2\text{ء} = 2\,\text{جا ء جتا ح} \quad \text{و}$$

$$(١١) \qquad \text{جتا } 2\text{ء} = \text{جتا}^2\text{ء} - \text{جا}^2\text{ء}$$

اذا أبدل فى قانونى (١٠) و (١١) القوس ء بالقوس $\frac{1}{2}$ء حدث

$$(١٢) \qquad \text{جا}\tfrac{1}{2}\text{ء} = \pm\sqrt{\frac{1 - \text{جتا ء}}{2}}$$

$$(١٣) \qquad \text{جتا}\tfrac{1}{2}\text{ء} = \pm\sqrt{\frac{1 + \text{جتا ء}}{2}}$$

(فى الارتباطات الكائنة بين ظل مجموع قوسين أو ظل فاضلهما و بين ظلى هذين القوسين)

$$(١٤) \qquad \text{ظا}(\text{ء} + \text{ح}) = \frac{\text{ظا ء} + \text{ظا ح}}{1 - \text{ظا ء ظا ح}}$$

$$(١٥) \qquad \text{ظا}(\text{ء} - \text{ح}) = \frac{\text{ظا ء} - \text{ظا ح}}{1 + \text{ظا ء ظا ح}}$$

وبجعل ء = ح فى (١٤) يحدث

$$(١٦) \qquad \text{ظا } 2\text{ء} = \frac{2\,\text{ظا ء}}{1 - \text{ظا}^2\text{ء}}$$

واذا

واذا علم ظا ى وكان المطلوب ظا $\frac{1}{2}$ ى يوضع $\frac{1}{2}$ ى بدل ى في (١٦) فيحدث

$$\text{ظا}\,\tfrac{1}{2}\,\text{ى} = \frac{1}{\text{ظا ى}}\left(-1 \pm \sqrt{1 + \text{ظا}^{2}\,\text{ى}}\right)$$

(في الارتباطات الكائنة بين مجموع أو فاضل جيبين أو جيبي متممين لقوسين وبين)
(جيبيهما وجيبي متمميهما)

(١٨) $\text{جا ى} + \text{جا ح} = 2\,\text{جا}\,\tfrac{1}{2}(\text{ح}+\text{ى})\;\text{جتا}\,\tfrac{1}{2}(\text{ى}-\text{ح})$

(١٩) $\text{جا ى} - \text{جا ح} = 2\,\text{جا}\,\tfrac{1}{2}(\text{ى}-\text{ح})\;\text{جتا}\,\tfrac{1}{2}(\text{ى}+\text{ح})$

(٢٠) $\text{جتا ى} + \text{جتا ح} = 2\,\text{جتا}\,\tfrac{1}{2}(\text{ى}+\text{ح})\;\text{جتا}\,\tfrac{1}{2}(\text{ى}-\text{ح})$

(٢١) $\text{جتا ح} - \text{جتا ى} = 2\,\text{جا}\,\tfrac{1}{2}(\text{ى}+\text{ح})\;\text{جا}\,\tfrac{1}{2}(\text{ى}-\text{ح})$

وهي ارتباطات تستعمل في تحويل مجموع أو فاضل جيبين أو جيبي متممين الى حاصل ضرب يعني الى كمية ذات حد واحد يسهل حسابها بواسطة اللوغاريتمات وبقسمة قانون (١٨) على (١٩) و (١٨) على (٢٠) و (١٩) على (٢٠) يحدث

(٢٢) $$\frac{\text{جا ى} + \text{جا ح}}{\text{جا ى} - \text{جا ح}} = \frac{2\,\text{جا}\,\tfrac{1}{2}(\text{ى}+\text{ح})\;\text{جتا}\,\tfrac{1}{2}(\text{ى}-\text{ح})}{2\,\text{جا}\,\tfrac{1}{2}(\text{ى}-\text{ح})\;\text{جتا}\,\tfrac{1}{2}(\text{ى}+\text{ح})} = \frac{\text{ظا}\,\tfrac{1}{2}(\text{ى}+\text{ح})}{\text{ظا}\,\tfrac{1}{2}(\text{ى}-\text{ح})}$$

(٢٣) $$\frac{\text{جا ى} + \text{جا ح}}{\text{جتا ى} + \text{جتا ح}} = \frac{2\,\text{جا}\,\tfrac{1}{2}(\text{ى}+\text{ح})\;\text{جتا}\,\tfrac{1}{2}(\text{ى}-\text{ح})}{2\,\text{جتا}\,\tfrac{1}{2}(\text{ى}+\text{ح})\;\text{جتا}\,\tfrac{1}{2}(\text{ى}-\text{ح})} = \text{ظا}\,\tfrac{1}{2}(\text{ى}+\text{ح})$$

(٢٤) $$\frac{\text{جا ى} - \text{جا ح}}{\text{جتا ى} + \text{جتا ح}} = \frac{2\,\text{جا}\,\tfrac{1}{2}(\text{ى}-\text{ح})\;\text{جتا}\,\tfrac{1}{2}(\text{ى}+\text{ح})}{2\,\text{جتا}\,\tfrac{1}{2}(\text{ى}+\text{ح})\;\text{جتا}\,\tfrac{1}{2}(\text{ى}-\text{ح})} = \text{ظا}\,\tfrac{1}{2}(\text{ى}-\text{ح})$$

(في الارتباطات الكائنة بين أضلاع مثلث وزواياه)

للاختصار في حل المثلث نرمز بالرموز ح , ى , ب لزواياه وبالرموز حَ , ىَ , بَ للاضلاع المقابلة لها

(في قوانين حل المثلث القائم الزاوية)

(٢٥) $\text{بَ} = \text{حَ}\;\text{جا ب}$

(٢٦) ‏ بَ = حَ جتا ى و

(٢٧) ‏ بَ = ىَ ظا ب

(قوانين حل المثلث الغير قائم الزاوية)

(٢٨) ‏ جا ح : جا ب :: حَ : بَ و

(٢٩) ‏ حَ٢ = بَ٢ + ىَ٢ − ٢ بَ ىَ جتا ح او

بَ٢ = حَ٢ + ىَ٢ − ٢ حَ ىَ جتا ب او

ىَ٢ = حَ٢ + بَ٢ − ٢ حَ بَ جتا ى

وهذه الثلاث معادلات تتعين بها ثلاثة أشياء من الستة التي يتركب منها المثلث اذا كانت الثلاثة الاخر معلومة (الا في حالتين احداهما استحالة تركيب المثلث والثانية انه لا يعلم منه غير الزوايا الثلاث)

وجيب نصف زاوية ح من زوايا المثلث المعلومة اضلاعه الثلاثة فقط يؤخذ من قانون

(٣٠) ‏ جا ½ ح = $\sqrt{\frac{(\text{ك} - \text{بَ})\,(\text{ك} - \text{ىَ})}{\text{بَ ىَ}}}$ ‏ (ك = ½ محيط المثلث)

(في كيفية حل المثلث القائم الزاوية)

(١) اذا علم الوتر حَ وزاوية ب وكان المطلوب ايجاد زاوية ى والضلعين بَ , ىَ يقال ان ى = ٩٠° − ب وأما الضلعان بَ , ىَ فيستخرجان بقانون (٢٥) أو (٢٦)

(٢) اذا علم ضلع بَ وزاوية ب وكان المطلوب ايجاد زاوية ى والوتر حَ والضلع ىَ يقال ان ى = ٩٠° − ب وأما الوتر حَ فيستخرج بقانون (٢٥) أي حَ = $\frac{\text{بَ}}{\text{جا ب}}$

والضلع ىَ يستخرج بقانون (٢٧) أي ىَ = بَ ظا ى

(٣) اذا علم الوتر حَ والضلع بَ وكان المطلوب ايجاد ضلع ىَ وزاويتي ب , ى يقال

يقال ان $ء = \sqrt{حَ^2 - بَ^2} = \sqrt{(حَ + بَ)(حَ - بَ)}$ وهذا القانون سهل الحساب باللوغاريتم وأما زاوية ب فتستخرج بقانون (٢٥) أى جا ب $= \frac{بَ}{حَ}$

وزاوية ء = ٩٠° − ب

(٤) اذا علم ضلعا القائمة بَ , ءَ

وكان المطلوب ايجاد الوتر حَ والزاويتين

ب , ء يبدأ بتعيين زاوية ب بقانون (٢٧) أى ظا ب $= \frac{بَ}{ءَ}$ وحينئذ تكون زاوية

ء = ٩٠° − ب وأما الوتر فيستخرج بقانون (٢٥) أى حَ $= \frac{بَ}{جا ب}$ وكان يمكن البدأ

بتعيين الوتر حَ بقانون حَ $= \sqrt{بَ^2 + ءَ^2}$ لكن من حيث انه لا يمكن تحليل الكمية

ذات الحدين $بَ^2 + ءَ^2$ لحد واحد فلا يمكن حساب القانون المذكور باللوغاريتم

فالاولى أن يبدأ بتعيين زاوية ب ثم يتوصل لتعيين الوتر حَ

(فى كيفية حل المثلث الغير قائم الزاوية)

(١) اذا علم ضلع ءَ والزاويتان ح , ب المجاورتان له وكان المطلوب ايجاد زاوية ء وضلعى بَ , حَ يقال ان زاوية ء = ١٨٠° − (ح + ب) وأما الضلعان بَ , حَ فيستخرجان بقانون (٢٨)

جا ح : جا ب :: حَ : بَ و

جا ح : جا ء :: حَ : ءَ

(٢) اذا علم الضلعان حَ , بَ والزاوية ح المقابلة لاحدهما حَ وكان المطلوب ايجاد الضلع ءَ والزاويتين ب , ء يبدأ بتعيين زاوية ب المقابلة للضلع بَ بقانون (٢٨) أى حَ : بَ :: جا ح : جا ب وحيث علمت زاويتى ح , ب فتكون الزاوية المجهولة ء = ١٨٠° − (ح + ب) وأما الضلع ءَ فيتعين بقانون

جا ح : جا ء :: حَ : ءَ

(مناقشة هذا الحل)

قانون (٢٨) يؤخذ منه جا ب = $\frac{\text{بَ جا ح}}{\text{حَ}}$ وبواسطة الجداول تتعين زاوية ب

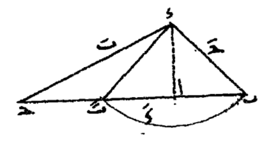
الا انه يلزم التنبيه على أن الجداول اللوغاريتمية لا يوجد بها الا زوايا حادة أقل من ٩٠° وحيث ان الجيب الواحد يقابل زاويتين متكاملتين احداهما حادة والاخرى منفرجة يقال اذا جعل م رمزا لزاوية الجداول تحصل لزاوية ب مقداران أحدهما ب = م

والثانى ب = ١٨٠° − م

ولتعيين الحالة التى يلزم فيها أخذ المقدار الاول أو الثانى أو الاثنين معا يقال أولا اذا كانت الزاوية المعلومة ح قائمة أو منفرجة كانت الزاويتان الاخريان حادتين وحينئذ يؤخذ ب = م ولعدم استحالة رسم المثلث يلزم أن يكون ضلع حَ > بَ

وثانيا اذا كانت الزاوية المعلومة ح حادة وكان ضلع حَ > بَ كانت زاوية ح > ب وحينئذ يؤخذ أيضا زاوية ب = م

وثالثا اذا كانت الزاوية المعلومة ح حادة وكان ضلع حَ < بَ فانه يؤخذ بالاختيار ب = م أو



ب = ١٨٠° − م لانه اذا أخذت الزاوية الحادة ب ح ء = ح والضلع ح ء = بَ وجعلت نقطة ء مركزا وجعل ضلع حَ نصف قطر ورسم به قوس دائرة فانه يقطع ح ب فى نقطتى ب و بً وحينئذ يحدث المثلثان ح ء ب و ح ء بً اللذان تكون فيهما الزاويتان ح ب ء و ح بً ء مكملتين لبعضهما ومن هنا يشاهد انه يلزم للحصول على حلين أن يكون الضلع حَ المفروض انه أصغر من ضلع بَ أكبر من العمود ء ا النازل على ضلع ح ب فاذا كان ضلع حَ = العمود ا ء كان القوس المرسوم بنصف قطر حَ مماسا الضلع ح ب وبذلك يؤل الحلان الى المثلث القائم الزاوية

الزاوية حـ ء ا فقط وبالجملة فانه يستحيل رسم المثلث اذا كان ضلع حـَ > عمود ا ء وهذه الاستحالة تظهر من مقدار جا ب لانه يؤخذ من المثلث القائم الزاوية حـ ء ا أن

ء ا = بَ جا حـ وحيث فرض أن حَ > ء ا يحدث حَ > بَ جا حـ

ومن هنا يؤخذ (بَ جا حـ) / حَ > ١ يعني أن جا ب > ١ وحيث انه لا يوجد جيب أكبر من الواحد فلا يمكن رسم المثلث

(٣) اذا علم من المثلث ضلعان حَ , بَ والزاوية ء التي بينهما وكان المطلوب ايجاد ضلع ءَ والزاويتين حـ , ب يقال ان بطرح زاوية ء المعلومة من ١٨٠° يحدث مجموع الزاويتين المجهولتين ونجعل م رمزا لهذا المجموع يكون

١٨٠° − ء = حـ + ب = م° ويتحصل فاضلهما وهو حـ − ب = هـ° من هذا التناسب

حَ : بَ :: جا حـ : جا ب أو

حَ + بَ : حَ − بَ :: جا حـ + جا ب : جا حـ − جا ب وحيث ان

جا حـ + جا ب : جا حـ − جا ب :: ظا ½ (حـ + ب) : ظا ½ (حـ − ب) يكون

حَ + بَ : حَ − بَ :: ظا ½ (حـ + ب) : ظا ½ (حـ − ب)

وحيث ان المجموع حـ + ب معلوم يكون ظا ½ (حـ + ب) معلوما وتكون الحدود الثلاثة الاول من هذه المتناسبة معلومة فيستخرج منها ½ (حـ − ب) ويؤخذ من ذلك حـ − ب = هـ° وحيث علم المجموع م° والفاضل هـ° فيحدث

حـ = ½ (م° + هـ°) , ب = ½ (م° − هـ°)

وحيث علم كل من الزاويتين ح , ب يتعين الضلع ءَ من هذا التناسب

جا ح : جا ء :: حَ : ءَ

(٤) اذا علمت الاضلاع الثلاثة حَ , بَ , ءَ من مثلث وكان المطلوب ايجاد الزوايا الثلاث ح , ب , ء نستخرج زاوية ح بقانون (٢٩)

$$حَ^{٢} = بَ^{٢} + ءَ^{٢} - ٢\ بَ\ ءَ\ جتا\ ح$$ أو

$$جتا\ ح = \frac{بَ^{٢} + ءَ^{٢} - حَ^{٢}}{٢\ بَ\ ءَ}$$

وحيث ان هذا القانون غير لوغاريتمي يجب البحث عن قانون يسهل حسابه باللوغاريتم بأن يؤخذ من قانون (١٢) $٢\ جا^{٢}\ \frac{١}{٢}ح = ١ - جتا\ ح$ وبوضع مقدار جتا ح يحدث

$$٢\ جا^{٢}\ \frac{١}{٢}ح = ١ - \frac{بَ^{٢} + ءَ^{٢} - حَ^{٢}}{٢\ بَ\ ءَ} = \frac{حَ^{٢} - بَ^{٢} - ءَ^{٢} + ٢\ بَ\ ءَ}{٢\ بَ\ ءَ}$$ أو

$$٢\ جا^{٢}\ \frac{١}{٢}ح = \frac{حَ^{٢} - (بَ - ءَ)^{٢}}{٢\ بَ\ ءَ} = \frac{(حَ + بَ - ءَ)\ (حَ - بَ + ءَ)}{٢\ بَ\ ءَ}$$ أو

$$جا\ \frac{١}{٢}ح = \sqrt{\frac{(حَ + بَ - ءَ)\ (حَ - بَ + ءَ)}{٤\ بَ\ ءَ}}$$

وبجعل محيط المثلث $حَ + بَ + ءَ = ٢\ ك$ يحدث

$$حَ + بَ - ءَ = ٢\ ك - ٢\ ءَ = ٢\ (ك - ءَ)$$ و

$$حَ - بَ + ءَ = ٢\ ك - ٢\ بَ = ٢\ (ك - بَ)$$ أو

$$جا\ \frac{١}{٢}ح = \sqrt{\frac{(ك - بَ)\ (ك - ءَ)}{بَ\ ءَ}}$$

وبمثل ذلك يعلم جا ½ ب و جا ½ ء

(فى ردّ نصف القطر الى أصله فى القوانين التى فرض فيها انه = ١)

حيث ان قوانين حساب المثلثات تكونت بفرض أن نق = ١ وجداول الخطوط المساحية ولوغاريتماتها حسبت بفرض أن نق = ١٠^١٠ = ١٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠ ولو نق = ١٠ فيلزم لرد نصف القطر المفروض = ١ فى تلك القوانين الى أصله ان يستعوض الكميات جا ح و جتا ى و ظا ى و . . . . . الخ فى تلك القوانين بالنسب

$\frac{\text{جا ى}}{\text{نق}}$ و $\frac{\text{جتا ى}}{\text{نق}}$ و $\frac{\text{ظا ى}}{\text{نق}}$ و . . . . الخ مثلا لرد نصف القطر الى أصله فى قانون

بَ = حَ جا ب يكتب بَ = حَ $\frac{\text{جا ب}}{\text{نق}}$ ولرده الى أصله فى قانون

جا ب = ٢ جا ½ ب جتا ½ ب يكتب $\frac{\text{جا ب}}{\text{نق}} = \frac{\text{٢ جا ½ ب جتا ½ ب}}{\text{نق}^٢}$

(فى استعمال جدول الخطوط المساحية ولوغاريتماتها)

استعمال الجدول المذكور ينحصر فى مسألتين

(المسألة الاولى)

اذا علمت زاوية وكانت مشتملة على درج ودقائق فقط وكان المطلوب ايجاد لوغاريتم جيبها وجيب متممها وظلها وظل متممها يؤخذ لوغاريتمات خطوطها المساحية المذكورة من الجدول من الصف الافقى المحاذى لدقائقها على حسب وجود درجها المعلوم ان كان موجودا فى أعلى الصحيفة أوفى أسفلها والدرج الموجود فى أعلى الصحف هو من ابتداء ٠° الى ٤٤° والموجود فى أسفلها من ابتداء ٤٥° الى ٨٩°

وأما اذا كانت مشتملة على درج ودقائق وثوان ففى ذلك أحوال

(الحالة الاولى) أوّلا اذا أريد تعيين لوغاريتم جيب زاوية حادّة ٩″ ٥′ ٣٧° يقال حيث ان هذا اللوغاريتم محصور بين لو جا ٥′ ٣٧° و لو جا ٦′ ٣٧° يبحث عن الكمية التى يلزم اضافتها الى لو جا ٥′ ٣٧° ليتحصل لو جا ٩″ ٥′ ٣٧° ولذا يقال ان نسبة الفرق ١′ = ٦٠″ بين ٥′ و ٣٧° و ٦′ ٣٧° الى الفرق ٩″ بين الزاوية المعلومة

٩ ًّ ٥ ً ٣٧ ْ والتي أصغر منها ٥ ً ٣٧ ْ كنسبة الفرق ١٦٧١ ٠٠٠ و٠ بين لوغاريتمي جيبي الزاويتين اللتين توجد بينهما الزاوية المعلومة الى الفرق المطلوب س بين لوجا ٥ ً ٣٧ ْ و لوجا ٩ ًّ ٥ ً ٣٧ ْ يعني

٦٠ : ٩ :: ١٦٧١ ٠٠٠ و٠ : س ومنها يستخرج س = ٢٥١ ٠٠٠٠ و٠

وباضافة ٢٥١ ٠٠٠٠ و٠ الى اللوغاريتم ٣٠٠٠ ٧٨٠ و ٩ لجيب ٥ ً ٣٧ ْ يكون المجموع

٣٢٥١ ٧٨٠ و ٩ = لوجا ٩ ًّ ٥ ً ٣٧ ْ

وثانيا اذا كانت الزاوية المعلومة منفرجة فنطرحها من ١٨٠ ْ ونبحث عن لوغاريتم جيب الزاوية الحادثة من الطرح فيكون هو اللوغاريتم المطلوب لان جيب الزاوية هو عين جيب مكملتها

(الحالة الثانية) اذا كان المطلوب تعيين لوظا ٩ ًّ ٥ ً ٣٧ ْ نأخذ من الجدول لوظا ٥ ً ٣٧ ْ = ٨٧٨٤٢٨١ و٩ والفرق ٢٦٢٦ ٠٠٠ و٠ بين لوظا ٥ ً ٣٧ ْ و لوظا ٦ ً ٣٧ ْ اللتين توجد بينهما الزاوية المعلومة ولتعيين الكمية س التي يلزم اضافتها الى لوظا ٥ ً ٣٧ ْ ليحصل اللوغاريتم المطلوب نضع هذه المتناسبة

٦٠ : ٩ :: ٢٦٢٦ ٠٠٠ و٠ : س = ٣٩٤ ٠٠٠٠ و٠

وباضافة ٣٩٤ ٠٠٠٠ و٠ الى ٩،٨٧٨٤٢٨١ يحدث

٩،٨٧٨٤٦٧٥ = لوظا ٩ ًّ ٥ ً ٣٧ ْ

(تنبيه)

يلزم لايجاد ظل زاوية منفرجة أن نبحث عن لوغاريتم ظل مكملة هذه الزاوية ويقرن الناتج عن يمينه بعلامة — ولذا يوضع

لوظا ٩ ًّ ٥ ً ١٢٧ ْ = — ١٢١٥٣٢٥ و١٠

وهذا

وهذا التنبيه يستعمل أيضا في جيب المتمم وظل المتمم لزاوية منفرجة
(الحالة الثالثة) اذا علمت زاوية حادة وكان المطلوب تعيين لوغاريتم جيب متممها أو ظل متممها ففي ذلك طريقتان
الطريقة الاولى اذا كان المطلوب تعيين لوغاريتم جيب المتمم وظل المتمم لزاوية

٥١ ٥٤ ٥٢

نبحث عن متمم الزاوية ٥١ ٥٤ ٥٢ الذى هو ٩ ٥ ٣٧ ثم عن لوغاريتم

جيب الزاوية ٩ ٥ ٣٧ ولوغاريتم ظلها فنجد أن اللوغاريتمين المطلوبين هما

٩، ٧٨٠٣٢٩١ و ٩، ٨٧٨٤٦٧٥
وذلك لان جيب المتمم وظل المتمم للزاوية ا مثلا هو عين الجيب والظل للمتمم (٩٠ – ا) للزاوية ا
(الطريقة الثانية) ان يعين اللوغاريتم المطلوب كما عينت لوغاريتمات الجيوب ولوغاريتمات الظلال غير انه يلاحظ أن جيب المتمم وظل المتمم يتناقصان اذا ازدادت الزاوية وان الحد الرابع من كل متناسبة يطرح من أكبر اللوغاريتمين الجدولين المنسوبين للزاويتين اللتين توجد بينهما الزاوية المعلومة

فاذا أريد تعيين لوغاريتم جيب متمم زاوية ٥١ ٥٤ ٥٢ يقال

حيث ان الزاوية المعلومة محصورة بين ٥٤ ٥٢ و ٥٥ ٥٢ يكون اللوغاريتم

المطلوب محصورا بين اللوغاريتمين الجدولين ٩، ٧٨٠٤٦٧١ و ٩، ٧٨٠٣٠٠٠

لجيب متمم ٥٤ ٥٢ وجيب متمم ٥٥ ٥٢ وحيث ان الفرق بين هذين

اللوغاريتمين هو ٠، ٠٠٠١٦ ٧١ يشاهد انه اذا ازدادت الزاوية ٥٤ ٥٢

بمقدار ١ = ٦٠ ينقص اللوغاريتم ٩، ٧٨٠٤٦٧١ لجيب متمم هذه الزاوية بقدر ٠، ٠٠٠١٦٧١ ولايجاد الكمية التى ينقص بها اللوغاريتم المذكور اذا

ازدادت الزاوية ٥٤ ٥٢ بقدر ٥١ توضع هذه المتناسبة

٦٠ : ٥١ :: ٠٠٠١٦٧١ ,٠ : سه ومنها يستخرج

سه = ٠٠٠١٤٢٠ ,٠ ثم يطرح ٠٠٠١٤٢٠ ,٠ من لوجتا ٥٤ ٥٤ ٢
فيكون الباقى ٧٨٠٣٢٥١ ,٩ هو اللوغاريتم المطلوب

(تنبيه) بدل أن يبحث عن المقدار الذي يلزم طرحه من لوجتا ٥٤ ٥٢ ٢ لتعيين لوجا ٥١ ٥٤ ٥٢ ٢ يجب أن يلاحظ ان الفرق بين ٥٥ ٥٢ ٢ و ٥١ ٥٤ ٥٢ ٢ هو ٩ فيكفي لذلك تعيين ما يزيد به اللوغاريتم ٧٨٠٣٠٠٠ ,٩ لجيب متمم ٥٥ ٥٢ ٢ اذا نقصت الزاوية ٥٥ ٥٢ ٢ بمقدار ٩ وآلت الى ٥١ ٥٤ ٥٢ ٢ وحينئذ توضع هذه المتناسبة

٦٠ : ٩ :: ٠٠٠١٦٧١ ,٠ : سه ومنها يستخرج
سه = ٠٠٠٠٢٥١ ,٠ وباضافة مقدار سه الى اللوغاريتم ٧٨٠٣٠٠٠ ,٩ لجيب متمم ٥٥ ٥٢ ٢ يكون المجموع ٧٨٠٣٢٥١ ,٩ هو اللوغاريتم المطلوب لجيب متمم ٥١ ٥٤ ٥٢ ٢

وبهذه الكيفية يشاهد ان لوظتا ٥١ ٥٤ ٥٢ ٢ = ٨٧٨٤٦٧٥ ,٩

(المسألة الثانية)

اذا علم لوغاريتم جيب أو جيب متمم أو ظل أو ظل متمم زاوية وأريد تعيين الزاوية المذكورة يقال انه اذا وجد اللوغاريتم المعلوم بتمامه في الجدول علمت الزاوية المطلوبة بالواسطة من الجدول واذا لم يوجد ذلك اللوغاريتم في الجدول ففي ذلك أحوال

(الحالة الاولى) ان يكون المعلوم لوغاريتم جيب زاوية والمطلوب تعيين هذه الزاوية ولنوضح ذلك بمثالين فنقول

(المثال الاول) ان يكون المعلوم لوجا سه = ٧٨٠٣٢٥١ ,٩ (سه مقدار الزاوية المجهولة) فحيث ان اللوغاريتم ٧٨٠٣٢٥١ ,٩ اصغر من اللوغاريتم ..

٩,٨٤٩٤٨٥٠ المنسوب لجيب زاوية ٤٥° تكون زاوية س اصغر من ٤٥° فحينئذ يبحث عن هذا اللوغاريتم المعلوم فى الصفوف الرأسية التى توجد بها لوغاريتمات الجيوب فيشاهد انه محصور بين اللوغاريتمين ٩,٧٨٠٣٠٠ و ٩,٧٨٠٤٦٧١ المنسوبين الى جا ٥َ ٣٧° وجا ٦َ ٣٧° وحيث ان س تشتمل على ٥َ ٣٧° + ثً يلزم لتعيين مقدار هذه الزاوية ان نضع هذه المتناسبة وهى ان نسبة الفرق ٠,٠٠٠١٦٧١ بين اللوغاريتمين الجدوليين المتواليين اللذين يوجد بينهما اللوغاريتم المعلوم : الفرق ٠,٠٠٠٠٢٥١ بين اللوغاريتم المعلوم واصغر اللوغاريتمين الجدوليين :: ٦٠ً : ثً ومنها يستخرج ثً = ٩ً وعليه فيكون ٩ً ٥َ ٣٧° هو مقدار الزاوية المطلوبة

(المثال الثانى) ان يكون المعلوم لوجا س = ٩,٩٧٩٠٣١٣ فحيث ان هذا اللوغاريتم اكبر من لوغاريتم جا ٤٥° يبحث عنه فى الصفوف التى توجد بها لوغاريتمات جيوب متممات الزوايا التى دون ٤٥° فيشاهد ان اللوغاريتم المعلوم محصور بين اللوغاريتمين الجدوليين المنسوبين الى لوجا ٢٠َ ٧٢° ولوجا ٢١َ ٧٢° وحيث ان الزاوية الحادة المطلوبة مركبة من ٢٠َ ٧٢° و ثً يلزم لتعيين الزاوية المذكورة أن يعين مقدار ثً ولذا يؤخذ الفرق ٠,٠٠٠٠٤٠٢ بين اللوغاريتمين الجدوليين المتواليين اللذين يوجد بينهما اللوغاريتم المعلوم والفرق ٠,٠٠٠٠١٢١ بين اللوغاريتم المعلوم وأصغر اللوغاريتمين ثم نضع هذا التناسب

٠,٠٠٠٠٤٠٢ : ٠,٠٠٠٠١٢١ :: ٦٠ً : ثً ومنها يستخرج

ثً = ١٨ً وبناء على ذلك تكون الزاوية المطلوبة س = ١٨ً ٢٠َ ٧٢°

(الحالة الثانية) ان يكون المعلوم لوغاريتم ظل زاوية والمراد تعيين هذه الزاوية ولنوضح ذلك بمثالين فنقول

(المثال الاوّل) ان يكون المعلوم لوظا س = ٩٫٨٧٨٤٦٧٥

فحيث ان هذا اللوغاريتم اصغر من لوغاريتم ظا ٤٥° فالزاوية س تكون أصغر من ٤٥° وبناء على ذلك يبحث عن هذا اللوغاريتم فى الصفوف الرأسية التى توجد بها لوغاريتمات الظلال فيشاهد ان اللوغاريتم المعلوم محصور بين اللوغاريتمين الجدوليين ٩٫٨٧٨٤٢٨١ و ٩٫٨٧٨٦٩٠٧ المنسوبين الى ظا ٥َ ٣٧° وظا ٦َ ٣٧° وحيث ان الزاوية س مركبة من ٥َ ٣٧° و ثً يلزم لتعيين هذه الزاوية أن نضع هذا التناسب

٠٫٠٠٠٢٦٢٦ : ٠٫٠٠٠٠٣٩٤ :: ٦٠ً : ثً ومنها يستخرج

ثً = ٩ً وبناء على ذلك تكون زاوية س = ٩ً ٥َ ٣٧°

(المثال الثانى) ان يكون المعلوم لوظا س = ١٠٫١٧٤١٥٠٥

فحيث ان هذا اللوغاريتم اكبر من لوغاريتم ظا ٤٥° يلزم أن يبحث عنه فى الصفوف التى توجد بها ظلال متممات الزوايا التى دون ٤٥° فيشاهد انه محصور بين اللوغاريتمين ١٠٫١٧٤٠١٤٠ و١٠٫١٧٤٢٨٧٣ المنسوبين الى لوظا ١١َ ٥٦° ولوظا ١٢َ ٥٦° ولأجل تعيين مقدار ثً الذى يلزم اضافته الى ١١َ ٥٦° يؤخذ الفرق ٠٫٠٠٠٢٧٣٣ بين لوظا ١١َ ٥٦° ولوظا ١٢َ ٥٦° ويوضع هذا التناسب

٠٫٠٠٠٢٧٣٣ : ٠٫٠٠٠١٣٦٥ :: ٦٠ً : ثً ومنها يستخرج

ثً = ٣٠ً وبناء على ذلك يكون مقدار الزاوية س هو

٣٠ً ١١َ ٥٦° تقريبا

(الحالة

(الحالة الثالثة) أن يكون المعلوم جيب المتمم أو ظل المتمم لزاوية حادة س والمطلوب تعيين هذه الزاوية ولذلك طريقتان

(الاولى) أن يقال من المعلوم ان هذه الحالة ترجع الى احدى الحالتين السابقتين لان جيب المتمم لزاوية حادة س وظله مساويان بالتوالى لجيب متممها ٩٠° — س وظله فاذا رمز لهذا المتمم بالرمز ص حدث لوجتا س = لوجا ص ولوظتا س = لوظا س و ص = ٩٠ — س ثم يعين لوجا ص ولوظا ص ومقدار الزاوية ص كما تقرر فى الحالتين السابقتين ثم يطرح هذا المقدار من ٩٠° فيكون الباقى هو الزاوية المطلوبة فاذا علم لوجتا س = ٩,٤٧٥٣٢٧١ مثلا لزم ان يفرض ان ص = ٩٠ — س ومنها يستخرج س = ٩٠ — ص ولوجتا س = لوجا ص = ٩,٤٧٥٣٢٧١

وحيث ان لوجا ص = ٩,٤٧٥٣٢٧١ موجود فى الجدول يكون ص = ١٧° ٢٣َ

وبطرح ٢٣َ ١٧° من ٩٠° يكون الباقى ٧٢° ٣٧َ وهو مقدار زاوية س

(الطريقة الثانية) ان يقال اذا أريد تعيين الزاوية المذكورة بدون استعمال المتمم يلاحظ أولا انه اذا ازدادت الزاوية الحادة تناقص جيب متممها وظل متممها لان لوجتا ٠° = ١٠ ولوجتا ٤٥° = ٩,٨٤٩٤٨٥٠ ولوظتا ٠° = ∞ ولوظتا ٤٥° = ١٠ ولوظتا ٨٩° ٥٩َ = ٦,٤٦٣٧٢٦١

فحينئذ اذا كان مقدار لوجا س محصورا بين ١٠ و ٩,٨٤٩٤٨٥٠ فالزاوية س تكون محصورة بين ٠° و ٤٥° واذا كان لوجتا س محصورا بين ٩,٨٤٩٤٨٥٠ و ٦,٤٦٣٧٢٦١ كانت زاوية س محصورة بين ٤٥° و ٨٩° ٥٩َ ومتى كان لوظتا س أكبر من ١٠ كانت الزاوية أصغر من ٤٥° ومتى كان لوظتا س محصورا بين ١٠ و ٦,٤٦٣٧٢٦١ كانت الزاوية محصورة بين ٨٩° ٥٩َ و ٤٥° ولنوضح ذلك بثلاثة أمثلة فنقول

المثال الاول ان يكون المعلوم لوجتا سه = ٩٫٩٧٨٩٣٨٦ فيقال حيث ان اللوغارتيم ٩٫٩٧٨٩٣٨٦ المنسوب لجيب متمم سه أكبر من اللوغاريتم ٩٫٨٤٩٤٨٥٠ المنسوب لجيب متمم ٤٥° تكون الزاوية المطلوبة أصغر من ٤٥° وحينئذ يبحث عن اللوغاريتم ٩٫٩٧٨٩٣٨٦ فى الصفوف الرأسية المشتملة على لوغاريتمات جيوب المتممات فيشاهد ان هذا اللوغاريتم موجود فى ثانى الصفوف الرأسية وان العدد ٤٢َ يوجد فى الصف المعنون بلفظة دقائق وهو موجود مع اللوغاريتم المعلوم فى خط أفقى فاذا أضيف اليه ١٧° الموضوعة فى رأس الصحيفة كان الناتج هو الزاوية المطلوبة يعنى سه = ٤٢َ ١٧°

(المثال الثانى) ان يكون المعلوم لوجتا سه = ٩٫٤٧٥٣٢٧١ فيقال حيث ان اللوغاريتم ٩٫٧٨٠٣٢٥١ لجيب متمم سه أصغر من اللوغاريتم ٩٫٨٤٩٤٨٥٠ لجيب متمم ٤٥° تكون الزاوية المطلوبة أكبر من ٤٥° وحينئذ يبحث عن اللوغاريتم ٩٫٤٧٥٣٢٧١ فى الصفوف الرأسية التى توجد بها جيوب المتممات وبعد تعيينه تؤخذ الدقائق الموجودة فى الصف الاول من جهة الشمال وهى الموضوعة معه فى صف أفقى ثم تؤخذ الدرج من أسفل الصحيفة فتكون الزاوية المطلوبة هى ٣٧َ ٧٢° أى سه = ٣٧َ ٧٢°

(المثال الثالث) ان يكون المعلوم لوجتا سه = ٩٫٧٨٠٣٢٥١ فيقال حيث ان اللوغاريتم ٩٫٧٨٠٣٢٥١ أصغر من اللوغاريتم ٩٫٨٤٩٤٨٥٠ لجيب ٤٥° يبحث عن هذا اللوغاريتم فى الصفوف الرأسية التى يوجد بها لوغاريتمات جيوب المتممات فيشاهد ان هذا اللوغاريتم محصور بين اللوغاريتمين الجدوليين المتواليين ٩٫٧٨٠٣٠٠٠ و ٩٫٧٨٠٤٦٧١ المنسوبين الى جتا ٥٥َ ٥٢° وجتا ٥٤َ ٥٢° فالزاوية تكون محصورة بين ٥٥َ ٥٢° و ٥٤َ ٥٢° فحينئذ يلزم

يلزم لتعيين المقدار الذى تنقص به الزاوية المطلوبة عن زاوية ٥٥ ْ ٢ ٥ ً ان تركب المتناسبة المقررة فى الاحوال السابقة فيكون مقدار الحد الرابع منها هو المقدار الذى تنقص به الزاوية المطلوبة عن زاوية ٥٥ ْ ٢ ٥ فحينئذ يكون س = ٥١ ْ ١ ٥٤ َ ٢٥ ً

(فى بعض أمثلة حسابية)

(المثال الاوّل) أن يكون المطلوب تعيين ارتفاع بناء يمكن الوصول الى اصله بأرض أفقية تقريبا كالبناء ح ب م ه الذى ارتفاعه المطلوب هو ح ب كما فى هذا الشكل فتوضع الآلة فى النقطة ه مثلا على بعد من أصل هذا البناء ثم يمرّر شعاع نظرى أفقى ح على أحد أركانه الرأسية وشعاع آخر على النقطة ح المقابلة للركن المذكور فى أعلى البناء ولذا تجعل دائرة الآلة رأسية بأن يستعمل لذلك شاقول يكون خيطه منطبقا على مستوى الآلة ثم تجعل العضادة الثابتة أفقية و يعرف ذلك بكون خيط الشاقول مقابلا للدرجة ٩٠ ْ من محيط الآلة الرأسى الوضع ثم تجعل العضادة المتحركة فى الوضع ء ح وتقرأ الزاوية ح ء ع ثم يقاس بالجنزير البعد ه ب المساوى للضلع ء ع من المثلث القائم الزاوية ء ع ح الذى لا يعلم منه حينئذ غير الزاوية ح ء ع و ء ع الذى هو أحد ضلعى الزاوية القائمة فاذن يمكن حساب الضلع ح ع الذى هو ارتفاع رأس البناء عن المستوى الافقى المارّ بمركز الجرافومتر بواسطة القانون

ح ع = ء ع ظا ح ء ع

وحيث ان حساب هذا القانون لا يجرى الا بواسطة اللوغاريتم فبردّ نصف القطر فيه الى أصله يحدث

$$ح ع = ء ع \frac{ظا ح ء ع}{نق}$$

ومن هنا يؤخذ لو ح ع = لو ء ع + لو ظا ح ء ع − لو نق

وحيث ان نق يعتبر هنا مساويا لنصف قطر الجداول أى ان نق = ١٠ يكون لو نق = ١٠ فاذا كان الضلع ء ح = ١٣ مترا مثلا وكانت الزاوية المرصودة

ح ء ح = ١٧ ٤٣ حدث

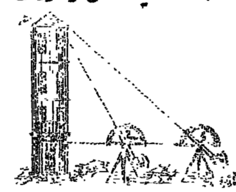
لو ١٣ = ١,١١٣٩٤٣٣ و

لو ظا ١٧ ٤٣ = ٩,٩٧٣٩٦٠٢

حاصل الجمع - ١٠ = ١,٠٨٧٩٠٣٥ = لو ح ح

فيكون الارتفاع ح ح = ١٢,٢٤ مترا

فاذا كان لا يمكن الوصول الى أصل البناء كما فى هذا الشكل .



فلا يلزم فى هذه الحالة الا تعيين مستقيم على الارض كالمستقيم ب ا ك يكون مارا بمركز البناء المذكور ثم توضع الآلة فى النقطتين ا , ب من هذا المستقيم ويقاس البعد ا ب وتعين الزاويتان ے ح ح و ے ء ح وبأخذ الزاوية ح ح ء التى هى مكمل الزاوية ے ح ح المقيسة يعلم من المثلث ح ح ء ضلع والزاويتان المجاورتان له وبواسطة المتناسبة

جا ح ء ح : جا ح ح ء :: ح ح : ح ء

يسهل تحصيل أحد الضلعين الآخرين وهو ح ح وحيث علم فى المثلث القائم الزاوية ح ح ے الزاوية ے ح ح والوتر ح ح فالضلع ح ے الذى هو ارتفاع البناء فوق مركز الآلة يتحصل بواسطة المعادلة

ح ے = (ح ح × جا ح ح ے) / نق

وبذلك تحل المسألة ويتحصل المطلوب

ولنوضح ذلك بمثال رقمى فنقول

ليكن الضلع ح ء = ١٤,٧٦٢ مترا والزاوية ح ح ے = ٢٩ ٤١

والزاوية

والزاوية ﺣ ﺫ ع = ١٧ ٣٣ فبأخذ مكمل الزاوية ﺑ ع ﺣ يشاهد أن

ﺣ ع ﺩ = ٣١ ٤٨ فاذن تكون الزاوية ع ﺣ ﺩ = ١٢ ٨

حساب الضلع ﺣ ع

لو ع ﺩ = ١,١٦٩١٤٥٢

لوجا ﺣ ﺫ ع = ٩,٧٣٩٣٩٨٠

لوجا ع ﺣ ﺩ = ٠,٨٤٥٧٦٢٤

لو ﺣ ع = ١,٧٥٤٣٠٥٦

ﺣ ع = ٥٦,٧٩٤ مترا

حساب الارتفاع ﺣ ﺑ

لو ﺣ ع = ١,٧٥٤٣٠٥٦

لوجا ع ﺑ = ٩,٨٢١١٢١٧

لو ﺣ ﺑ = ١,٥٧٥٤٢٧٣

ﺣ ﺑ = ٣٧,٦٢٠ مترا وهو الارتفاع المطلوب

ومن المعلوم ان المجموع الاول قد حذف منه عشرة فى مقابلة العشرة التى اخذ منها المكمل وان المجموع الثانى قد حذف منه عشرة أيضا فى مقابلة لو نق وهذا أمر لا حاجة الى التنبيه عليه فى الامثلة الآتية

(تنبيه)

اذا أريد فى المسألتين المذكورتين تحصيل الارتفاع الحقيقى للبناء المذكور ينبغى اعتبار ارتفاع الجرافومتر وضمه الى الارتفاع المحسوب

(المثال الثانى) أن يكون المطلوب قياس ارتفاع جبل فانه يبدأ على الارض بقياس قاعدة كالقاعدة ع ﺩ كما فى هذا الشكل ويقاس طولها ثم تؤخذ الزاويتان ﺣ ع ﺩ و ﺣ ﺩ ع الكائنتان فى نهايتى هذه القاعدة فيعلم من المثلث ﺣ ع ﺩ زاويتان والضلع المجاور لهما فاذن يمكن حساب ﺣ ع الذى هو أحد الضلعين

الآخرين ثم تؤخذ أيضا فى النقطة ع الزاوية حـ ع ظ الحادثة من المستقيم الرأسى ع ظ مع نصف القطر الشعاعى حـ ع ويؤخذ مكملها وحينئذ يعلم من المثلث القائم الزاوية حـ ع ا الوتر حـ ع واحدى الزاويتين الحادتين حـ ع ا ثم يحسب الضلع حـ ا أى ارتفاع رأس الجبل حـ فوق مستوى الآلة بواسطة المعادلة

حـ ا = (حـ ع جا حـ ع ا) / نق وبذلك تحل المسألة ويتحصل المطلوب

(المثال الثالث) أن يكون المعلوم من مثلث اضلاعه الثلاثة حَ = ٨٤٩,٥٣٨ وبَ = ٧١٥,٤٧ و ءَ = ٦٢٨,٤٣٦ والمطلوب تعيين زواياه الثلاث حـ و ب و ء فيحصل فى مبدأ الامر ٢ ك = ٢١٩٣,٤٤٤

و ك = ١٠٩٦,٧٢٢ و ك ــ حَ = ٢٤٧,١٨٤ و ك ــ ءَ = ٤٦٨,٢٨٦

و ك ــ بَ = ٣٨١,٢٥٢ ومن هنا يحدث

لو ك = ٣,٠٤٠٠٩٦٥ لوَ ك = ٦,٩٥٩٩٠٣٥

لو (ك ــ حَ) = ٢,٣٩٣٠٢٠٤ لوَ (ك ــ حَ) = ٧,٦٠٦٩٧٩٦

لو (ك ــ بَ) = ٢,٥٨١٢١٢١ لوَ (ك ــ بَ) = ٧,٤١٨٧٨٧٩

لو (ك ــ ءَ) = ٢,٦٧٠٠١١٢ لوَ (ك ــ ءَ) = ٧,٣٢٩٩٨٨٨

حساب الزاوية حـ بواسطة القانون ظا ½ حـ = نق √((ك ــ بَ) (ك ــ ءَ) / ك (ك ــ حَ)) هو

لو (ك ــ بَ) = ٢,٥٨١٢١٢١

لو (ك ــ ءَ) = ٢,٦٧٠٠١١٢

لوَ ك = ٦,٩٥٩٩٠٣٥

لو

لو (ك ـ حَ) = ٧٫٦٠٦٩٧٩٦

حاصل الجمع ١٩٫٨١٨٦٠٦٤

لو ظا ½ ح = ٩٫٩٠٩٣٠٣٢

½ ح = ٣٧ ٣ ٣٩

فيكون ح = ١٤ ٧ ٧٨

حساب الزاوية ب بواسطة القانون ظا ½ ب = نق $\sqrt{\frac{(ك - حَ)\ (ك - ءَ)}{ك\ (ك - بَ)}}$

هو

لو (ك ـ حَ) = ٢٫٣٩٣٠٢٠٤

لو (ك ـ ءَ) = ٢٫٦٧٠٠١١٢

لوَ ك = ٦٫٩٥٩٩٠٢٥

لوَ (ك ـ بَ) = ٩٫٤١٨٧٨٧٩

حاصل الجمع = ١٩٫٤٤٢٢٢٢٠

لو ظا ½ ب = ٩٫٧٢١١١١٠

½ ب = ٤٫٣ ٤٥ ٢٧

فيكون ب = ٨٫٦ ٣٠ ٥٥

حساب الزاوية ء بواسطة القانون ظا ½ ء = نق $\sqrt{\frac{(ك - حَ)\ (ك - بَ)}{ك\ (ك - ءَ)}}$

هو

لو (ك ـ حَ) = ٢٫٣٩٣٠٢٠٤

لو (ك ـ بَ) = ٢٫٥٨١٢١٢١

لوَكَ = ٩٫٩٥٩٩٠٣٥
لو(كَ ـ ءَ) = ٧٫٣٢٩٤٨٨٨
حاصل الجمع = ١٩٫٢٦٣٦٢٤٨
لو ظا ½ ء = ٩٫٦٣١٨١٢٤
½ ء = ٧ ,١٨ ١١ ٢٣
فيكون ء = ١٤ ,٣٧ ٢٢ ٤٦

تحقيق

حـ = ١٤ ٧ ٧٨
ب = ٨٫٦ ٣٠ ٥٥
ء = ٤٫٣٧ ٢٢ ٤٦
حاصل الجمع ١٨٠

(المثال الرابع) أن يكون المعلوم الضلعين حَ و تَ والزاوية حـ المقابلة لاحدهما والمطلوب تعيين الزاويتين ب و ء والضلع ء بفرض أن الضلع حَ = ٥٤٦٧٫٤٨ والضلع تَ = ٥٧٨٤٫٥٩ والزاوية حـ = ٤٢ ١٨ ٦٦

حساب الزاوية ب بواسطة القانون جا ب = (تَ جا حـ)/(حَ) هو

لو ٥٧٨٤٫٥٩ = ٣٫٧٦٢٢٧٢٦
لوجا ٤٢ ١٨ ٦٦ = ٩٫٩٦١٧٧٤٣
لو ٥٤٦٧٫٤٨ = ٦٫٢٦٢٢١٢٨
حاصل الجمع = ١٩٫٩٨٦٢٥٩٧
لوجا ب = ٩٫٩٨٦٢٥٩٧

فتكون

فتكون الزاوية المقابلة ت = ٤٧,٤ ٣٩ ٧٥° و ت = ١٢,٦ ٢٠ ١٠٤°

وهذان القداران موافقان لكون حـ < ٩٠° و حـ < ت

الحل الاول أن يفرض ب = ٤٧,٤ ٣٩ ٧٥°

حساب الزاوية ء هو

ء = ١٨٠° − (حـ + ب)

حـ = ٤٢ ١٨ ٦٦°

ت = ٤٧,٤ ٣٩ ٧٥°

حـ + ب = ٢٩,٤ ٥٨ ١٤١°

ء = ٣٠,٦ ١ ٣٨°

حساب الضلع ءَ بواسطة القانون ءَ = حـَ جاء / جا حـ هو

لو ٥٤٦٧,٤٨	= ٣,٧٣٧٧٨٧٢
لوجا ٣٠,٦ ١ ٣٨	= ٩,٧٨٩٥٨٤٨
لوجا ٤٢ ١٨ ٦٦	= ٠,٠٣٨٢٢٥٧
حاصل الجمع	= ١٣,٥٦٥٥٩٧٧
لو ءَ	= ٣,٥٦٥٥٩٧٧
فيكون ءَ	= ٣٦٧٧,٨٨

الحل الثاني ان يفرض ب = ١٢,٦ ٢٠ ١٠٤°

حساب الزاوية ء هو

ء = ١٨٠° − (حـ + ب)

$\hat{ح} =$ ٤٢ ١٨ ٦٦°

ت = ١٢،٦ ٢٠ ١٠٤°

ح + ت = ٥٤،٦ ٣٨ ١٧٠°

ى = ٥،٤ ٢١ ٩°

حساب الضلع ىَ بواسطة القانون $ىَ = \frac{حَ جا ى}{جا ح}$ هو

لو	٥٤٦٧،٤٨	= ٣،٧٣٧٧٨٧٢
لوجا	٥،٤ ٢١ ٩°	= ٩،٧١٠٨٢٨٨
لوجتا	٤٢ ١٨ ٦٦°	= ٠،٠٣٨٢٢٥٧
حاصل الجمع		= ١٢،٩٨٦٨٤١٧
لو	ىَ	= ٢،٩٨٦٨٤١٧
فيكون	ىَ	= ٩٧٠٠٥

المثال الخامس أن يكون المطلوب تعيين بعد نقطة مفروضة كالنقطة ت عن نقطة أخرى لا يمكن الوصول اليها كالنقطة ح كما في هذا الشكل



فتقاس على الارض قاعدة حيثما اتفق كالقاعدة ت ى والزاويتان ح ت ى و ح ى ت فتعلم الزاوية ت ح ى وهى الثالثة من زوايا المثلث ح ت ى وحينئذ يتحصل البعد المطلوب ح ت بواسطة المتناسبة ح ت : ت ى :: جا ح ى ت : جا ت ح ى فاذا فرض ان ت ى

ت ى = ١١ و ٢٠٧ أمتار و ح ى ب = ٢٤ ٢٧ ٨٥

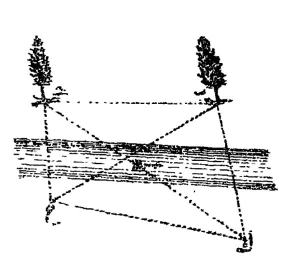
و ح ب ى = ٠٠ ١٩ ٥٣ كان ب ح ى = ٤٦ ١٢ ٤١

حساب البعد ح ب هو

لو ٢٠٧،١١	= ٢،٣١٦٢٠١١
لوجا ٢٤ ٢٧ ٨٥	= ٩،٩٩٨٦٣٣٢
لوجا ٤٦ ١٢ ٤١	= ٠،١٨١٢٠٨٧
حاصل الجمع	= ١٢،٤٩٦٠٤٣٠
لو ح ب	= ٢،٤٩٦٠٤٣٠

فيكون البعد ح ب = ٣١٣،٣٦ مترا

المثال السادس أن يكون المطلوب تعيين البعد بين نقطتين ح و ب لا يمكن الوصول اليهما غير انهما مشاهدتان فتقاس على الارض القاعدة ع ك كما في هذا الشكل والزوايا ب ك ع , ح ك ب



و ب ع ك , ح ع ك , ح ك ع فيعلم من كل من المثلثين ب ك ع , ح ك ع ضلع وزاويتان وحينئذ يمكن تعيين مقداري المستقيمين ك ب , ك ح والزاوية ح ك ب المقيسة الواقعة بينهما وبحل هذا

المثلث الاخير يتحصل البعد ح ب المطلوب ولذا يجعل ب ك = حَ و ك ح = بَ والزاوية ح ك ب = ك ومن المتناسبة حَ + بَ : حَ − بَ :: ظا ½ (ح + ب) : ظا ½ (ح − ب) يؤخذ مقدار ½ (ح − ب) وحينئذ يعلم مقدار الزاويتين ح و ب غير ان هذا الحل يتوقف على البحث عن مقداري الضلعين حَ و بَ مع انه يمكن ايجاد مقداري الزاويتين المذكورتين ح و ب بطريقة سهلة لا تتوقف الا على

معرفة لوغارتمات الضلعين حَ وبَ المذكورين وهي ان تعين الزاوية المساعدة هـ على وجه به يكون

$\text{ظا هـ} = \frac{\text{بَ}}{\text{حَ}}$ وبمقتضى ماتقدم يؤخذ

$$\text{ظا}\,(45^\circ - \text{هـ}) = \frac{\text{ظا}\,45^\circ - \text{ظا هـ}}{1 + \text{ظا}\,45^\circ\ \text{ظا هـ}}$$

وحيث ان $\text{ظا}\,45^\circ = 1$ يحدث

$$\text{ظا}\,(45^\circ - \text{هـ}) = \frac{1 - \text{ظا هـ}}{1 + \text{ظا هـ}}$$

وبابدال ظا هـ بمقدارها $\frac{\text{بَ}}{\text{حَ}}$ يحدث

$$\text{ظا}\,(45^\circ - \text{هـ}) = \frac{\text{حَ} - \text{بَ}}{\text{حَ} + \text{بَ}}$$

وحيث انه يتحصل من المتناسبة

$$\text{حَ} + \text{بَ} : \text{حَ} - \text{بَ} :: \text{ظا}\,\tfrac{1}{2}(\text{ح} + \text{ب}) : \text{ظا}\,\tfrac{1}{2}(\text{ح} - \text{ب})$$ او $$\text{ظا}\,\tfrac{1}{2}(\text{ح} - \text{ب}) = \frac{\text{حَ} - \text{بَ}}{\text{حَ} + \text{بَ}}\ \text{ظا}\,\tfrac{1}{2}(\text{ح} + \text{ب})$$

فاذا أبدلت في هذه المعادلة الكمية $\frac{\text{حَ} - \text{بَ}}{\text{حَ} + \text{بَ}}$ بمقدارها $\text{ظا}\,(45 - \text{هـ})$ تحصل $\text{ظا}\,\tfrac{1}{2}(\text{ح} - \text{ب}) = \text{ظا}\,(45^\circ - \text{هـ})\ \text{ظا}\,\tfrac{1}{2}(\text{ح} + \text{ب})$ وحيث ان الزاوية هـ معلومة وكذا $\tfrac{1}{2}(\text{ح} + \text{ب})$ يتحصل بالسهولة من هذه المعادلة مقدار $\tfrac{1}{2}(\text{ح} - \text{ب})$ وحينئذ يعلم مقدار الزاويتين ح و ب المجهولتين من المثلث ح ب ك ولتعيين البعد المجهول ح ب توضع المتناسبة

$\text{ح ب} : \text{تَ} :: \text{جا ك} : \text{جا ب}$ التي يؤخذ منها

$$\text{لو ح ب} = \text{لو تَ} + \text{لو جا ك} + \text{لوَ جا ب} - 10$$

ومن هنا يتحصل ح ب وهو البعد بين النقطتين اللتين لا يمكن الوصول اليهما

(فى الميزانية)

الميزانية عملية يعرف بها ارتفاع نقطة عن أخرى أو ارتفاع عدة نقط عن مستو أفقى يسمى مستوى المقارنة وهى بسيطة ومركبة فالبسيطة ما احتوت على وضع واحد والمركبة ما تركبت من أوضاع مرتبطة ببعضها

والتوازن نوعان حقيقى وظاهرى فالتوازن الحقيقى هو خط منحن ا ى ل ح جميع نقطه على أبعاد متساوية من مركز الارض م والتوازن الظاهرى هو مستقيم ا ح مماس لسطح الارض والفرق بين التوازن الحقيقى والظاهرى هو العمود ح ى الذى يعلم مقداره من قانون

$$ح ى = \overline{ا ح}^{2} \times \frac{1}{12732396}$$

المفروض فيه ان نصف القطر المتوسط للارض ٦٣٦٦١٩٨ م وكلما كبر البعد ا ح كبر الفرق ح ى المذكور ومعلوم ان فعل الانكسار يعلى الاشياء المرصودة ووجد بالتجارب انه اذا كان بعد الاشياء المرصودة ٦٠٠ م كان مقدار فعل الانكسار غير محسوس

فالاحسن ان توضع آلة الميزانية فى منتصف المسافة بين النقطتين هـ , و اللتين يراد معرفة ارتفاع الاولى عن الثانية لان فى ذلك فائدتين (الاولى) لو فرض ان البعد الافقى ا ل = ل ب > ٦٠٠ م لكان فعل الانكسار ا ح = ب ى وبهذا الوضع يكون حينئذ مستقيم ح ى أفقيا (والثانية) لو فرض ان الآلة بها خلل يسير وان المحورين البصريين ل ح و ل ى المتساويين مائلان على الافق ا ب بزاوية ما واتكن ح ل ا = ى ل ب لكان ارتفاع ا ح = ب ى وبهذا الوضع يكون حينئذ مستقيم ح ى موازيا لمستقيم ا ب الافقى والآلات المستعملة لعمل الميزانية هى البارومتر والموازين

ذوات النظارات وروح التسوية وميزان الماء وميزان البناء والترزى والزاوية القائمة والقامة ميتر وغير ذلك

(قياس الارتفاعات بالبارومتر)

حيث ان ضغط الجو يتناقص كلما ارتفع الى ارتفاعا كبيرا ينتج من ذلك ان زئبق البارومتر ينخفض كثيرا كلما ارتفع البارومتر ارتفاعا كبيرا فهذا هو السبب الموجب لاستعمال البارومتر فى قياس الارتفاعات والقانون المستعمل لقياس ارتفاع الجبال بواسطة البارومتر هو

$$\text{ء} = 18393\left(1 + 0{,}002837\ \text{جتا}\ 2\,\text{هـ}\right)\left(1 + \frac{2(\text{ث}+\text{ثَ})}{1000}\right)\text{لو}\,\frac{\text{شه}}{\text{شهَ}}$$

وفيه ء رمز للمسافة الرأسية الكائنة بين المحلين المبحوث عن فرق استوائهما و شه ارتفاع البارومتر فى الوضع السفلى و شهَ ارتفاعه فى الوضع العلوى و ث و ثَ درجتا حرارة الهواء لكل من الوضعين و هـ عرض البلد وأما فى عرض ٤٥° فيكون جتا ٢ هـ = ٠ ويصير القانون

$$\text{ء} = 18393\left(1 + \frac{2(\text{ث}+\text{ثَ})}{1000}\right)\text{لو}\,\frac{\text{شه}}{\text{شهَ}}$$

وأما هذا القانون

$$\text{ء} = 16000\,\text{م}\left(\frac{\text{شه}-\text{شهَ}}{\text{شه}+\text{شهَ}}\right)\left(1 + \frac{2(\text{ث}+\text{ثَ})}{1000}\right)$$

فيستعمل للارتفاع الاقل من ١٠٠٠ م ولا يحتاج لاستعمال اللوغاريتم

(تنبيه) ان كان الارتفاع المراد قياسه صغيرا أمكن قياسه بشخص واحد وان كان كبيرا واستدعى زمنا طويلا للصعود يتغير فيه ضغط الجو يلزم له شخصان وبارومتران جيدا الاتقان واحد الشخصين يكون فى أسفل الجبل والثانى فى أعلاه ثم فى لحظة معلومة يشاهد كل منهما ارتفاع البارومتر

(فى القامة ميتر)

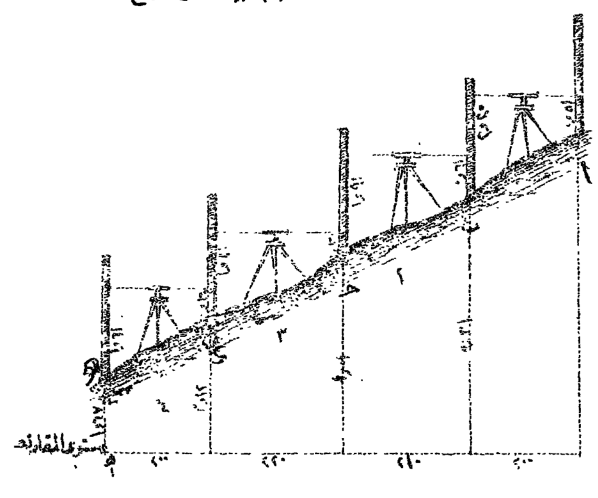
القامة ميتر أنواع كثيرة أبسطها وأسرعها فى عمل الميزانية قامة ميتر بوردلو وهى مسطرة من الخشب طولها ٣,٠٠ م وعرضها ٠,١ م وسمكها ٠,٠٢ م وطولها

وطولهـا مقسم الى أعشار الميتر وكل عشر مقسم الى خمسـة أقسام متساوية كل قسم منها = ٠,٠٢ م ولهـا قبضتان بوسطها تمسك بهما وتقف رأسية بواسطة خيط ذى شاقول مثبت فى سمكها أو بواسطة فقيعة هوا شكلها مستدير مثبتة فى سمكها

ويشاهد تهاو مشاهدة آلة الميزانية ذى النظارة يستغنى الحال عن شرحهما

ولايجاد ارتفاع نقطة ا عن نقطة ب نضع الآلة فى نقطة د منتصف بعد ا ب مستوفية لشروطها اللازمة ونضع قامة ميتر فى نقطة ا ونكتب العدد المقابل لتقاطع الشعرتين وهو ٠,٥١ م ثم نضع قامة ميتر فى نقطة ب ونكتب العدد ٢,٢٠ م كذلك فيكون الفرق بينهما ١,٦٩ م هو ارتفاع نقطة ا عن ب وذلك لوضع واحد

وأما لايجاد ارتفاع نقط ا , ب , ح , ى , هـ من طريق أو ترعة أو غير ذلك عن مستوى المقارنة ا هـ المفروض تحت الطريق المذكور فيلزم عمل جدول بسيط يشتمل على جميع أعمال وحسابات الميزانية فيه خانة (١) تبين عدد مرات وضع الآلة



فى مسافة ا هـ وخانة (٢) تبين مقدار المسافة بين القامتين فى كل وضع وخانة (٣) تبين نظرتين للمؤخرة ونظرتين للمقدمة لكل وضع وخانة (٤) تبين مجموع نظرتى المؤخرة ومجموع نظرتى المقدمة وخانة (٥) تبين نصف مجموع المؤخرة ونصف مجموع المقدمة وخانة (٦) تبين حاصل جمع متوسط المؤخرة على منسوبها فى كل وضع وخانة (٧) تبين باقى الطرح الجبرى لمتوسط المقدمة من خانة (٦) وباقى الطرح المذكور هو ارتفاع كل من النقط ا , ب , ح , ى , هـ عن مستوى المقارنة وخانة (٧) المذكورة مع خانتى (٢) و (٨) تستعمل فى تبيض قطاع الميزانيــة وأما خانة (٨) فانهـا تبين العلامات الشهيرة الثابتة من جامع أو سبيل أو قنطرة أو غير ذلك التى توضع عليها القامة ميتر وتبين رقم نمرة القامات المعتبرة لاشغال مخصوصة وهاك صورة الجدول المذكور

١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨
نمرة الأوضاع	الأبعاد	القراءات	المجموع	المتوسط	مجموع متوسطات المؤخرة على المنسوب	المنسوبات	الملحوظات
١	٢٠٠	٠,٥٠ ٠,٥٢	١,٠٢	٠,٥١	٧,٥١	٢٧,٠٠م	منسوب المؤخرة نقطة ا عن سطح الماء وهو في غاية المد وهو مستوى المقارنة
		٢,١٠ ٢,٣٠	٤,٤٠	٢,٢٠		٥,٣١	(٢) منسوب المقدمة نقطة ب على رصيف مثلا
٢	٢١٠	٠,٦٠ ٠,٦٢	١,٢٢	٠,٦١	٥,٩٢		
		١,٩٠ ١,٩٢	٣,٨٢	١,٩١		٤,٠١	(٣) منسوب نقطة حـ في زاوية جامع
٣	٢٢٠	٠,٣٠ ٠,٣٤	٠,٦٤	٠,٣٢	٤,٣٣		
		١,٢٠ ١,٢٢	٢,٤٢	١,٢١		٣,١٢	(٤) منسوب نقطة ء على ساقية
٤	٢٠٠	٠,١٧ ٠,١٥	٠,٣٢	٠,١٦	٣,٢٨		
		١,٦٠ ١,٦٢	٣,٢٢	١,٦١		١,٦٧	(٥) منسوب نقطة هـ

واذا كان باقى الطرح اشارته – فتكتب علامة – بيمين المنسوب فى خانة (٧) وبها يعلم ان هذا المنسوب تحت مستوى المقارنة

(ميزان الميزانية) هو انا لو جمعنا جميع المقدمات وجميع المؤخرات وطرحنا المجموعين من بعضهما الكان باقى الطرح هو مقدار ارتفاع نقطة ا عن نقطة هـ يعنى

المقدمات	المؤخرات
٢٫٢٠	٠٫٥١
١٫٩١	٠٫٦١
١٫٢١	٠٫٣٢
١٫٦١	٠٫١٦

٦٫٩٣ – ١٫٦٠ = ٥٫٣٣م وبمقارنة ذلك بمنسوبى نقطة ا وهـ من الجدول نجد

منسوب نقطة ا منسوب نقطة ب

٧٫٠٠ – ١٫٦٧ = ٥٫٣٣م

• • •

ويحصل ذلك أيضا لو طرحنا مجموعى المقدمات والمؤخرات من بعضهما الكائنين بين نقطتين معلومتين غير نقطتى ا و هـ

واذا كان مبدأ انشاء الميزانية من نقطة ا و نازلا لنقطة هـ وأعيدت ثانيا بالابتداء من نقطة هـ وصاعدا لنقطة ا يلزم أن يكون مقدار مناسيب النقط ا و ب و حـ و د و هـ واحدا فى كل من العمليتين وان وجد بخلاف ذلك كانت احدى العمليتين مغلوطة ويلزم حينئذ اعادة العمل مرة ثالثة وينظر فى مناسيب الثلاث عمليات لاجراء الصحة ولاجل التخلص من ذلك وعدم ضياع زمن يلزم بالاقل وجود اثنين مهندسين يختصان بالشغل على الآلة فقط وفى يد كل منهما دفتر ميزانية

وبعد ان يكتبا متوسط كل نظرة يقابلان المتوسط المذكور فان وجد بينهما فرق

يصير تحقيقه قبل نقل الميزان من الوضع الذى هو فيه وبعد وجود الصحة بينهما ينقل الميزان لوضع آخر وهكذا حتى تتم عملية الميزانية

ولاجل رسم قطاع الميزانية فى ورق التبييض نرسم عليه مستقيم ا ا ونعتبره أثر مستوى المقارنة ونعلم عليه بواسطة المقياس الاختصارى نقط ابعاد القامات عن بعضها المأخوذة من خانة (٢) من الجدول وهى ٢٠٠ و ٢١٠ و ٢٢٠ و ٢٠٠ م ونرفع على هذا المستقيم من تلك النقط أعمدة ٧ و ٥,٣١ و ٤,٠١ و ٣,١٢ و ١,٦٧ الموضح مقدارها بخانة (٧) فى الجدول بالمقياس الاختصارى المتفق عليه للمناسيب فيكون الخط المنكسر ا ب ح د ه الجامع لنهاية الاعمدة هو هيئة قطاع الارض وبذلك يتضح ارتفاع كل نقطة عن مستوى المقارنة ثم مقدار فرق كل نقطة من مجاورتها أوغير مجاورتها بطرح المنسوبين المطلوبين من بعضهما وصورة القطاع المذكور موضحة بالشكل السابق تحت خط الارض ا ب ح د ه

ولا بد من ايضاح المسقط الافقى لخط سير الميزانية فى الخرطة ويعلم عليه نقط وضع القامات واذا أخذت قطاعات عمودية أومائلة على هذا المسقط يلزم توضيحها بالخرطة كذلك على حسب اتجاهها ومقدارها ويستخرج مناسيب نقط كل قطاع بالنسبة لمنسوب مؤخرة الوضع المأخوذ فيه القطاع المذكور

وأما اذا فرضنا ان مستوى المقارنة ا ه أعلى الارض ا ب ح د ه نطرح المؤخرة من منسوب نقطة ا ونضيف لباقى الطرح مقدار المقدمة فيكون حاصل الجمع هو منسوب المقدمة التى هى نقطة ب وهكذا فى كل وضع فحينئذ جعل مستوى المقارنة أسفل أو أعلى الارض على حد سواء وصورة القطاع لا تتغير

وتستعمل الميزانية فى انشاء الطرق والترع والبنايات والخرط والاستحكامات وفى الرى والصرف وفى تقسيم المياه وغير ذلك

(تقسيم مياه ترعة)

اذا كان المراد تقسيم مياه ترعة على خمس نواح رمزها ا و ب و ح و د و ه وزمام أطيان ا = ١٠٠٠ فدان و ب = ٢٠٠٠ و ح = ٣٠٠٠ و د = ٤٠٠٠ و ه =

٥٠٠٠ بشرط ان كلا من النواحى الخمس تسقى أطيانها من الترعة مرة واحدة فى كل ثمانية أيام واليوم ٢٤ ساعة

يقال نقسم زمن الدور الواحد المفروض ١٩٢ ساعة على مجموع زمام الخمسة نواح وهو ١٥٠٠٠ فدان فينتج الزمن اللازم لسقى الفدان الواحد وهو ٠٫٠١٢٨ ساعة

فلو ضربنا مقدار أطيان كل من النواحى الخمس فى ٠٫٠١٢٨ ساعة تحدث الزمن اللازم لسقى كل من النواحى الخمس فى الدور الواحد يعنى

ناحية		يوم	ساعه	دقيقه		ساعه		فدن
ا	=	٠٠	١٢	٤٨	=	٠٫٠١٢٨	X	١٠٠٠
ب	=	١	١	٣٦	=	٠٫٠١٢٨	X	٢٠٠٠
ح	=	١	١٤	٢٤	=	٠٫٠١٢٨	X	٣٠٠٠
ء	=	٢	٣	١٢	=	٠٫٠١٢٨	X	٤٠٠٠
هـ	=	٢	١٦	٠٠	=	٠٫٠١٢٨	X	٥٠٠٠
		٨	٠٠	٠٠				١٥٠٠٠

فينتج من ذلك انه يصير تغمية قنطرة ناحية ا لتحجز المياه عن الجهات التى تحتها وان ناحية ا تنتفع بجميع مياه الترعة بواسطة فتح فروعها المرتبة لسقى أطيانها من ابتداء فم الترعة لغاية القنطرة المذكورة وبعد مضى ٤٨ دقيقه و١٢ ساعة يصير فتحها واطلاق المياه لسقى أطيان ناحية ب التى يلزم أن تكون قنطرتها مغماة كذلك وبعد مضى ٣٦ دقيقه وساعه واحده ويوم واحد يصير فتح قنطرة ب واطلاق المياه لسقى أطيان ناحية ح كذلك وبعد مضى ٢٤ دقيقه و١٤ ساعه ويوم واحد يصير فتح قنطرة ح وتغمية قنطرة ء وبعد ١٢ و٣ ساعات ويومين تفتح قنطرة ء وتغمى قنطرة هـ وبعد ١٦ ساعه ويومين تفتح قنطرة هـ فقد تم الدور الاول لغاية ثمانية أيام ثم تبتدئ بتغمية الخمس قناطر وفتحها على حسب الملحوظات السابقة فى الدور الثانى والثالث وهكذا

*(فى

(فى الحواجز)

اذا كان المراد ازدياد كمية المياه وسرعتها فى ترعة ت ع يصنع فى النهر ﻫ ر حاجزت د ى من الخشب مبتدأ من فم الترعة ويمتد لوسط النهر بحيث لا يحجز سير السفن والاحسن أن يكون اتجاهه عموديا على اتجاه تيار النهر وينتهى بزاوية ت د ى المنفرجة وفائدتها ان ضلعها د ى يحجز جزأ عظيما من مياه النهر ويجبره على الدخول فى الترعة والحاجز يتركب من جملة خوازيق قطع أحدها العرضى مربع تغرس فى النهر مماسة لبعضها بالاحكام وتكون أطوالها بحسب قطاع النهر وارتفاع المياه فيه فى مدة التحاريق وتغرس الخوازيق فى قاع النهر بواسطة آلة دق الخوازيق ثم تمسك الخوازيق ببعضها بواسطة حزامين متقابلين من خشب القرو ويثبت الحزامان ببعضهما مع الخوازيق بواسطة جويطات من الحديد وفى حالة ما تكون المياه عميقة يحفظ الحاجز بواسطة جملة برمانات ت م وت م و ت م مثبتة متباعدة عن بعضها بمسافات موافقة تربط أطرافها فى حزام الحاجز وأطرافها الاخر فى مراسى من الحديد تلقى فى قاع النهر أو تثبت فى البر وذلك لمقاومة ضغط المياه على الحاجز وسابقا صنعت حواجز بفم ترعة الخطاطبة وبفم ترعة مويس وبترعة القرنين لازدياد المياه وسرعتها فى تلك الترع بمدة تحاريق النيل ومتى ابتدأ النيل فى الزيادة السلطانى يبتدأ فى خلع الحواجز وكان يحصل من الحواجز المذكورة منفعة وهى خفة جزء عظيم من أطيان الترعة تقطعه المياه بسبب شدة

سرعتها وتجره الى الجهات التحتية انما تحصل هذه المنفعة اذا كانت جميع القناطر الموجودة بالترعة مفتوحة وليس موجودا بها سدود وتعمل حواجز صغيرة لتحويل اتجاه تيار نهرا وترعة عن جسر أو غيره يخشى عليه منه وتستعمل تلك الحواجز في عملية السدود أيضا

(دعاوى عملية)

اذا كان المراد تشخيص مستقيم على الارض يمكن الوصول الى نهايتيه نغرس في نهايتيه شاخصين ونقف عند أحدهما ونوصل بينهما شعاعا بصريا بالعين ان كان المستقيم صغيرا أو بالنظارة ان كان المستقيم كبيرا ثم نغرس فيما بين النهايتين شواخص أخر متباعدة عن بعضها ببعد موافق بشرط أن تكون مشاهدة كأنها شاخص واحد

وأما اذا كان المستقيم المراد تشخيصه لايمكن الوصول الى نهايتيه كنارتين أو شجرتين ا و ب فيقف مهندسان في وسط المستقيم تقريبا بعرض أحدهما ه والآخر م متباعدين عن بعضهما ببعد موافق بحيث ان الواقف في نقطة م يشاهد اشارة ا والواقف في ه يشاهد اشارة ب ثم يشير الواقف في ه الى الواقف في م بالانتقال من محله حتى يجعله في استقامة ه م ب ثم يسيران معا بشرط أن يكون الشعاع الواصل بينهما مارا على الدوام باشارة ب حتى ينطبق المستقيم ه م ب على مستقيم ا ب فحينئذ يغرس الشاخصان هَ ومَ وتكون الاربع نقط ا هَ مَ ب من نقط المستقيم المراد تشخيصه

وهذه العملية كثيرة الوقوع في انشاء الطرق وفي نصب طابور العسكرية على حسب اتجاه معلوم

اذا كان المراد تنصيف زاوية ا ب ح

(١) نجعل نقطة ب مركزا ونرسم قوس ا ح بنصف قطر ما ثم نجعل كلا من نقطتي ا و ح مركزا ونرسم قوسين يتقاطعان في نقطة س فالمستقيم ب س الواصل بين نقطتي س و ب يكون هو المستقيم المنصف المطلوب

(٢) ويمكن ان نأخذ بعد

ب هـ = هـ ع = ب عَ = عَ هَ

ثم نصل مستقيمى هـ هَ و ع عَ

فيتقاطعان فى نقطة س فالمستقيم ب س

الواصل من س الى ب يكون منصفا

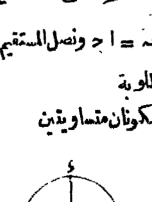
لزاوية ب

(٣) ويمكن ان نأخذ بعد ب هـ = ب عَ ونقيم عمود هـ س على ضلع ا ب وعمود عَ س على ضلع ب حـ فالعمودان يتقاطعان فى نقطة س فالمستقيم ب س الواصل من ب الى س يكون منصفا للزاوية ب المعلومة

واذا كان المراد رسم زاوية تساوى زاوية معلومة ب على مستقيم معلوم بَ حَ فى نقطة بَ فنجعل كلا من نقطتى ب و بَ مركزا وبنصف قطر واحد نرسم قوسين ا حـ , حَ س ثم نأخذ قوس حَ س = ا حـ ونصل المستقيم بَ س فتكون الزاوية الحادثة س بَ حَ هى الزاوية المطلوبة

والزاويتان اللتان أضلاعهما متوازية أو متعامدة بالتناظر تكونان متساويتين

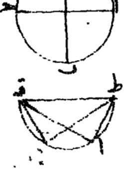
(فى الكلام على الاعمدة)



اذا قسم محيط الدائرة أربعة أقسام متساوية وهى

ا ب = ب حـ = حـ ء = ء ا ووصل القطران

ا حـ , ء ب فيكونان متعامدين



والزوايا هـ ا ط , هـ ب ط المحيطية التى أضلاعها تمر بطرفى القطر هـ ط كلها قوائم وأضلاعها متعامدة

اذا كان المراد اقامة عمود على وسط مستقيم ا ب نجعل كلا من نقطتى ا و ب مركزا وبنصف قطر اكبر من ½ ا ب نرسم أقواسا تتقاطع فوق المستقيم وتحته فى نقطتى س و سَ فيكون المستقيم س سَ الواصل بينهما هو العمود المطلوب

واذا كان المراد انزال عمود من نقطة معلومة ع على مستقيم ا ب نجعل نقطة ع مركزا وبنصف قطر ما نرسم قوسا يقطع المستقيم ا ب فى نقطتى م و مَ ثم نجعل كلا منهما مركزا وبنصف قطر اكبر من ½ م مَ نرسم قوسين يتقاطعان فى نقطة س فالمستقيم الواصل بين نقطتى ع و س هو العمود المطلوب

اذا كان المراد اقامة عمود من نقطة ب نهاية مستقيم ا ب لا يمكن مده جهة نقطة ب نرسم عليه مثلثا متساوى الاضلاع وليكن ب ا ح ثم نمد ضلع ا ح جهة ح بمقدار ا ح يعنى نأخذ ا ح = ح س فالمستقيم س ب الواصل من نقطة س الى ب هو العمود المطلوب

اذا كان المراد اقامة عمود من نقطة ب نهاية مستقيم ا ب بواسطة الحبل نأخذ ثلاثة حبال طول الاول ب ى = ٤ م والثانى ب ح = ٣ م والثالث ح ى = ٥ م ونضع الاول ب ى على خط ا ب من ابتداء نقطة ب ونضع الثانى ب ح عمودا عليه تقريبا فى نقطة ب ونضع الثالث ح ى فى طرفى الاول والثانى ثم نشد الثلاثة حبال فى آن واحد

فحينئذ

فحينئذ يكون مستقيم ب ح هو العمود المطلوب

اذا كان المراد انزال عمود من نقطة معلومة ع لا يمكن الوصول اليها على مستقيم معلوم ح ب بواسطة الشواخص نقيم من أى نقطة عليه كنقطة ء عمود ه ل ثم نأخذ بعد ه ء = ء ل ونضع شاخصا فى نقطة ه وآخر فى نقطة ل وشاخصا ثالثا فى نقطة م ملتقى شعاع ل ع بمستقيم ح ب ورابعا فى نقطة ح ملتقى شعاع ه ع بمستقيم ح ب وخامسا فى نقطة س ملتقى شعاعى ه م و ح ل فيكون المستقيم ع س المار من نقطة ع لنقطة س هو العمود المطلوب ويكون جزء ع ح = ح س

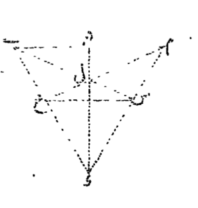
اذا كان المراد رسم مستقيم موازلآخر معلوم ا ب

(١) نجعل كلا من نقطتى ا و ب مركزا وبنصف قطر واحد نرسم قوسين فالمستقيم س س المماس لهما هو الموازى المطلوب

(٢) اونرسم مستقيم ع ح يقطع مستقيم ا ب فى زاوية ما ع ح ب ثم نرسم مستقيم ع س بحيث يجعل بينه وبين مستقيم ع ح زاوية س ع ح = زاوية ع ح ب فيكون هو الموازى المطلوب

اذا كان المراد رسم مستقيمات متوازية ترسم زاوية ما ولتكن ب ونأخذ على ضلعيها بعد ب هـ = ب هَ و ب م = ب مَ و ب ا = ب اَ فتكون الخطوط هـ هَ و م مَ و ا اَ هى المستقيمات المتوازية المطلوبة

اذا كان المراد رسم مستقيم موازيا لمستقيم معلوم م ب من نقطة معلومة ع بواسطة الشواخص



نضع شاخصا فى نقطة هـ منتصف المستقيم م ب المعلوم وآخر فى نقطة ء ملتقى العمود المقام من نقطة هـ على المستقيم م ب بشعاع ب ع وشاخصا ثالثا فى نقطة ل ملتقى شعاع ع م بالعمود هـ ء وشاخصا رابعا فى نقطة س ملتقى شعاعى ب ل و م ء فالمستقيم س ع الواصل من ع الى س هو الموازى المطلوب

(فى الشكل المنتظم)

الشكل المنتظم ما تساوت اضلاعه وزواياه

(١) ولمعرفة مقدار زاويته المركزية تقسم ٣٦٠° على عدد اضلاعه فخارج القسمة هو مقدار زاويته المركزية

(٢) ولمعرفة مقدار زاويته المحيطية الواقعة بين ضلعيه نطرح مقدار زاويته المركزية من قائمتين فالباقى هو مقدار زاويته المحيطية

(٣) ولمعرفة مقدار مجموع زواياه المحيطية نضرب عدد اضلاعه فى مقدار زاويته المحيطية أو نطرح من عدد اضلاعه اثنين ونضرب الباقى فى قائمتين فيكون حاصل الضرب هو مجموع زواياه المحيطية

(٤) ولمعرفة مقدار نصف قطر الدائرة المرسومة عليه نضرب مقدار ضلعه المعلوم في مقدار نصف القطر الموجود بالجدول الآتي في حذاء اسم الشكل المنتظم المذكور

(٥) ولمعرفة مقدار ضلعه اذا كان نصف قطر الدائرة المرسومة عليه معلوما نقسم نصف قطر الدائرة المعلوم على العدد الموجود بالجدول المذكور في خانة نصف القطر بحذاء اسم الشكل المنتظم المعلوم فخارج القسمة يكون هو مقدار الضلع المطلوب

والجدول المذكور مبين فيه أسماء الاشكال المنتظمة من ابتداء المثلث لغاية ذي الاثني عشر ومقدار الزوايا المركزية المقابلة لكل من اضلاع الاشكال المذكورة والزوايا المحيطية الواقعة بين كل ضلعين من هذه الاشكال ومقدار مجموع الزوايا المحيطية ومقدار نصف قطر الدائرة المرسومة على كل من هذه الاشكال

وهاك صورة الجدول

أسماء الاشكال المنتظمة	زوايا مركزية	زوايا محيطية	مجموع الزوايا المحيطية	نصف قطر الدوائر المرسومة عليها
	° ′ ″	° ′ ″	°	
مثلث متساوى الاضلاع	١٢٠	٦٠	١٨٠	٠, ٥٧٧٤
مربع	٠٩٠	٩٠	٣٦٠	٠, ٧٠٧١
مخمس	٠٧٢	١٠٨	٥٤٠	٠, ٨٥٠٧
مسدس	٠٦٠	١٢٠	٧٢٠	١, ٠٠٠٠
مسبع	٠٥١ ٢٥ ٤٣	١٢٨ ٣٤ ١٧	٩٠٠	١, ١٥٢٤
مثمن	٠٤٥	١٣٥	١٠٨٠	١, ٣٠٦٥
متسع	٠٤٠	١٤٠	١٢٦٠	١, ٤٦١٩
معشر	٠٣٦	١٤٤	١٤٤٠	١, ٦١٨٠
ذو الاحد عشر	٠٣٢ ٤٣ ٣٨	١٤٧ ١٦ ٢٢	١٦٢٠	١, ٧٧٤٧
ذو الاثني عشر	٠٣٠	١٥٠	١٨٠٠	١, ٩٣١٨

ولنطبق ماذكرناه على الشكل المسبع المنتظم فنقول

(١) ان الزاوية المركزية للمسبع المنتظم = ٣٦٠° / ٧ = ٥١° ٢٥ً ٤٣ً تقريبا

(٢) وان زاويته المحيطية = ١٨٠° − ٥١° ٢٥ً ٤٣ً = ١٢٨° ٣٤ً ١٧ً

(٣) وان مجموع زواياه المحيطية = (١٢٨° ٣٤ً ١٧ً) ٧ = ٩٠٠° أو

مجموع زواياه المحيطية = (٧ − ٢) ١٨٠° = ٩٠٠°

(٤) ولاستخراج مقدار نصف قطر الدائرة المرسومة على المسبع المنتظم الذى طول ضلعه ٢٠ م نضرب ٢٠ م فى العدد ١٫١٥٢٤ الموجود فى الجدول المتقدم بحذاء المسبع فحاصل الضرب الذى هو ٢٣٫٠٤٨ م يكون نصف قطر الدائرة المرسومة عليه

(٥) ولاستخراج مقدار ضلع المسبع المنتظم المرسوم داخل دائرة نصف قطرها معلوم وهو ٢٣٫٠٤٨ م نقسم نصف القطر المعلوم ٢٣٫٠٤٨ م على العدد ١٫١٥٢٤ الموجود فى الجدول بحذاء المسبع فيكون خارج القسمة ٢٠ م هو ضلع المسبع المطلوب .

ولرسم فسقية أو برج شكله مسبع منتظم ضلعه ٢٠ م ونصف قطر الدائرة المرسومة عليه ٢٣٫٠٤٨ م على الارض بواسطة الحبل يقال

(١) بفرض ان مركزه معلوم نأخذ ثلاث حبال طول الاول ٢٠ م وطول كل من الاثنين الآخرين ٢٣٫٠٤٨ م ثم نربط نهايتى الحبلين المتساويين بوتد يغرس فى المركز المعلوم ونربط نهاية أحدهما الأخرى بطرف الحبل الاول بوتد ثان مغروس فى النقطة المعتبرة مبدأ المسبع ثم نشدّ طرفى الحبلين المختلفين فنعلم بواسطتهما النقطة الثانية من المسبع فيدق فيها وتد ثالث ويعمل ذلك نعين باقى النقط على الارض

(٢) نفرض ان ضلع المسبع معلوم على الارض فنأخذ الحبلين المتساويين ونضع طرف احدهما فى ابتداء الضلع المعلوم وطرف الحبل الآخر فى نهايته ونجمع الطرفين الآخرين على بعضهما ونشدهما بالتساوى فيحدث مركز المسبع المطلوب ثم يكمل رسم المسبع كما تقدم

اذا

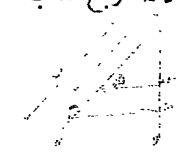
اذا كان المراد رسم الاشكال المنتظمة بواسطة البرجل والمسطرة داخل دائرة معلومة نضع نصف قطرها على المحيط ست مرات فيحدث المسدس المنتظم ووتر نصف قوسه هو ضلع ذي الاثنى عشر ووتر ضعف قوس المسدس هو ضلع المثلث المنتظم واذا قسمنا المحيط أربعة أقسام متساوية ووصلنا نقط التقاسيم بمستقيمات حدث المربع ووتر نصف قوسه هو ضلع المثمن واذا قسمنا المحيط خمسة أقسام متساوية ووصلنا نقط التقاسيم حدث المخمس ووتر نصف قوسه هو ضلع المعشر وقس على ذلك

اذا أريد تقسيم مستقيم ا ب الى خمسة أقسام متساوية نرسم مستقيم ا ل الغير محدود ونأخذ عليه بالابتداء من نقطة ا بعدا ما ا ح ونكرره على مستقيم ا ل خمس مرات ونصل من ر نهاية القسم الخامس الى ب فلو رسم مستقيم ح ج موازيا الى ر ب لكان قسم ا ج = $\frac{1}{5}$ ا ب

واذا أريد تقسيم مستقيم ا ب الى أقسام مناسبة لمستقيمات ه و م و ع معلومة يؤخذ بالابتداء من نقطة ا من مستقيم ا ل بعد ا ح = ه , ح ى = م و ى ر = ع ويوصل مستقيم ر ب فلو رسم من نقطتي ح و ى مستقيما ح ج , ى و موازيين لمستقيم ر ب لكانت اقسام ا ج , ج و , و ب مناسبة لخطوط ه و م , ه

اذا كان المراد لايجاد الرابع المتناسب لثلاثة مستقيمات معلومة ا , ب , ح نرسم مستقيمي ى ه , ى و بحيث يكونان زاوية ما ولتكن ى ونأخذ على ضلعها ى ه بعد ى ا = ا , ى ب = ب ونأخذ على ضلعها الآخر ى و بعد ى ح = ح ونصل ا ح فلو رسمنا من نقطة ب مستقيم ب س موازيا لمستقيم ا ح لكان بعد

دس الرابع المتناسب المطلوب أعني د ا : د ب :: د ح : د س



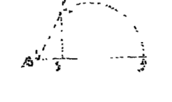
ولايجاد الثالث المتناسب لخطين معلومين ا , ب نأخذ على مستقيم د هـ بعد د هـ = ا وبعد د م = ب ونأخذ على مستقيم س و بعد د ح = ا ونصل م ح فلو رسمنا هـ س موازياله لكان د س هو المطلوب

(في الخطوط المتناسبة المرسومة داخل الدائرة)

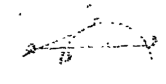
اذا كان المراد ايجاد الوسط المتناسب بين مستقيمين معلومين ا , ب



(حل ١) نأخذ على مستقيم د و بعد د هـ = ا و هـ و = ب ونرسم على مستقيم و د نصف محيط دائرة فلو أقمنا من نقطة هـ عمود هـ ع على القطر لكان هو الوسط المتناسب المطلوب يعني ا : هـ ع :: هـ ع : ب

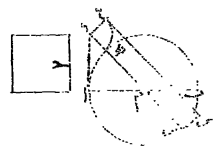


(حل ٢) أو نأخذ و هـ = ب , د هـ = ا ونرسم على ب نصف محيط دائرة فلو أقمنا عمود د ع على القطر ووصلنا ع هـ لكان هو الوسط المتناسب المطلوب يعني ا : ع هـ :: ع هـ : ب



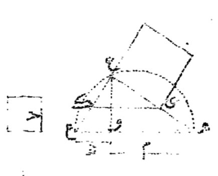
(حل ٣) أو نأخذ بعد و هـ = ب , هـ د = ا ونرسم محيط ما يمر بالنقطتين د , و فلو رسمنا من نقطة هـ مماس هـ ع لكان هو الوسط المتناسب المطلوب

*



اذا كان المراد انشاء مستطيل تفاضل ضلعيه المتجاورين مساو لمستقيم ا ب معلوم ومكافئ لمربع معلوم ضلعه ح نرسم محيط دائرة على ا ب ونقيم من نقطة ا مماس ا د = ح ونصل قاطع د هـ م ر فيكون د هـ , د ر هما ضلعي المستطيل المطلوب يعني مستطيل د ع في د ر = $ح^2$

اذا كان المراد انشاء مستطيل مجموع ضلعيه المتجاورين مساو لمستقيم معلوم وليكن ا ب ومكافئ لمربع معلوم ضلعه حـ نرسم على المستقيم ا ب محيط دائرة ثم نقيم عمود ا ء بقدر ضلع المربع حـ ونرسم ء هـ موازيا للقطر ا ب فلو أنزلنا من نقطة هـ عمود هـ س لكان ا س و س ب هما ضلعي المستطيل المطلوب يعني مستطيل س م م ا = حـ^٢ انما الامكان حل هذه المسألة يلزم أن يكون ضلع المربع لا يتجاوز نصف المستقيم ا ب المعلوم .



اذا كان المراد انشاء مربع تكون نسبته لمربع معلوم ضلعه حـ كنسبة خطين معلومين م و ه نأخذ على المستقيم هـ ع بعد هـ و = م وبعد و ع = ه ونرسم على هـ ع نصف محيط دائرة ونقيم عليه من نقطة و عمود و ح ونصل وتري ح ع و ح هـ ونأخذ على وتر ح ع بعد ح ك = حـ ونرسم ك ب موازيا للقطر هـ ع فيكون بعد ح ب ضلع المربع المطلوب يعني ان نسبة ح ب^٢ : حـ^٢ :: م : ه



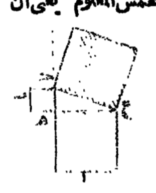
اذا كان المراد انشاء مستقيم يمر بنقطة ه معلومة داخل زاوية حـ بشرط أن يكون جزءاه الواقعان بين نقطة ه وضلعي الزاوية متساويين نرسم من نقطة ه مستقيم ه هـ موازيا للمستقيم حـ ء ونأخذ بعد ب هـ = هـ حـ فلو وصلنا مستقيم ب ه ء لكان هو المطلوب وجزؤه ه ب = ه ء

اذا كان المراد انشاء مربع مكافئ لمتوازي اضلاع معلوم ا ب ء حـ نفرض ان س ضلع المربع المطلوب فيكون س^٢ = ا ب × ء هـ يعني ان ضلع المربع المطلوب وسط متناسب بين قاعدة متوازي الاضلاع وهي ا ب وارتفاعه ء هـ

اذا كان المراد انشاء مربع مكافئ لمثلث معلوم نستخرج الوسط
المتناسب بين قاعدة المثلث ونصف ارتفاعه فيكون هو ضلع
المربع المطلوب

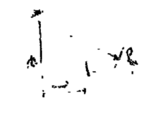
اذا كان المراد انشاء مستطيل على مستقيم معلوم ا ء مكافئ
لمستطيل معلوم ا ب و ح نفرض ان س ارتفاع المستطيل
المطلوب وحيث ان المستطيلين متكافئان يكون ء × س = ا ب × ا ح يعنى
ان الارتفاع المطلوب س هو رابع المتناسب للثلاثة مستقيمات ا ء , ا ب , ا ح

اذا كان المراد انشاء مثلث مكافئ لكثير الاضلاع المعلوم
ا ب ح ء هـ نصل قطر ح هـ ونرسم من نقطة ء
مستقيم ء و موازيا له فيقطع امتداد ا هـ فى نقطة و
ثم نصل ح و وبمثل ذلك نصل قطر ح ا ونرسم من
نقطة ب مستقيم ب ع موازيا له فيقطع امتداد
ا هـ فى نقطة ع ثم نصل ح ع فيكون المثلث ح و ع الحادث مكافئا
للخمس المعلوم يعنى ان ح ع و = ا ب ح ء هـ



اذا كان المراد انشاء مربع مكافئ لمربعين معلومين
ضلعاهما ا , ب نرسم مستقيمين متعامدين هـ ع
, هـ ح ونأخذ هـ ع = ا , هـ ح = ب فلو
وصلنا وتر ع ح لكان هو ضلع المربع المطلوب يعنى

ع ح^2 = هـ ع^2 + هـ ح^2



اذا كان المراد انشاء مربع مكافئ للفرق بين مربعين
معلومين ضلعاهما ا و ب نأخذ على مستقيمين
متعامدين بعد ح هـ = ب أصغر الضلعين المعلومين
فلو جعلنا نقطة ح مركزا ورسمنا قوسا بنصف قطر
ح ع المساوى للضلع الاكبر لقطع هـ ع فى نقطة ع فيكون هـ ع هو
ضلع المربع المطلوب يعنى هـ ع^2 = ح ع^2 − هـ ح^2 = ا^2 − ب^2

اذا

اذا كان المراد انشاء شكل مشابه لشكل ح ومكافئ لشكل ك نفرض ان ا ضلع الشكل ح و س الضلع المناظر له من الشكل المطلوب س فلتشابه الشكلين يكون

ح : س :: ا² : س² وحيث ان شكل س مكافئ لشكل ك فيكون

ح : ك :: ا² : س² ثم نستخرج المربعين م² و هـ² المكافئين لشكلي ح و ك فيكون

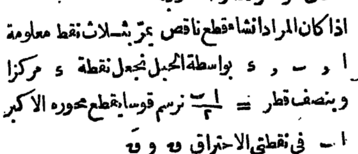
م² : هـ² :: ا² : س² أو

م : هـ :: ا : س

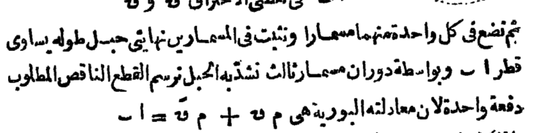
يعني ان ضلع الشكل المطلوب س هو الرابع المتناسب للثلاثة خطوط م و هـ و ا

اذا كان المراد تقسيم دائرة ثلاثة أقسام متكافئة نقسم قطرها ا ب ستة أقسام متساوية بالنقط ك و هـ و كَ و س و كً ونجعل كلا من نقطتي ك و كً مركزا وبنصف قطر ك ا نرسم نصف محيط ا م هـ و ب مَ سـ ثم نجعل كلا من نقطتي هـ و سـ مركزا وبنصف قطر هـ ا نرسم نصف محيط ا مً سـ و هـ مً ب فتحدث الثلاثة أقسام المطلوبة

اذا كان المراد تكرار دائرة بقدر ما يراد نمد نصف قطرها ا ب ونقيم عليه عمود ب اَ بقدر ا ب ونصل ا اَ فلو جعلنا نقطة ا مركزا وبالنصف قطر ا اَ رسمنا دائرة لكانت ضعف الدائرة المعلومة وهكذا يفعل في تضعيفها مرارا



اذا كان المراد انشاء دائرة تكافئ ثلاث دوائر معلومة رمزها ا و ب و ح نرسم زاوية قائمة ضلعها ء ه = قطر دائرة ا وضلعها ه ة = قطر دائرة ب ونصل وتر ء ة ونقيم عليه من نقطة ة عمود ة ح بقدر قطر دائرة ح فلو وصلنا الوتر ح ء لكان هو قطر الدائرة المطلوبة



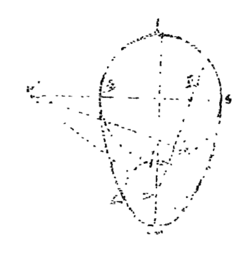
اذا كان المراد انشاء قطع ناقص يمر بثلاث نقط معلومة ا و ب و ء بواسطة الحبل نجعل نقطة ء مركزا وبنصف قطر = $\frac{اب}{٢}$ نرسم قوسا يقطع محوره الاكبر ا ب في نقطتي الاحتراق ق و قَ

ثم نضع في كل واحدة منهما مسمارا ونثبت في المسمارين نهايتي حبل طوله يساوي قطر ا ب وبواسطة دوران مسمار ثالث نشد به الحبل نرسم القطع الناقص المطلوب دفعة واحدة لان معادلته البورية هي م ق + م قَ = ا ب

واذا كان المراد رسم مماس للقطع الناقص في نقطة م نصل نصفي قطريه البوريين م ق و م قَ ونصف زاوية ق م قَ المحصورة بينهما بمستقيم م ص فالعمود م س المقام عليه هو المماس المطلوب أو نأخذ على استقامة م ق بعد م ى = م قَ ونصل ى قَ ثم ننصفه بنقطة س ثم نصل مستقيم س م فيكون هو المماس المطلوب

واذا كان سطح القطع الناقص معلوما وأردنا معرفة مركزه نحصره في مستطيل ونصل قطريه فيتقاطعان في المركز المطلوب

واذا أردنا تعيين محوريه الاكبر والاصغر نجعل مركزه نقطة ه مركزا ونرسم دائرة تقطع محيطه في أربع نقط م مَ مً مٌ ثم نصل مستقيمي م مً و مَ مٌ وننصفهما بنقطتي ق و قَ فيكون مستقيم ق قَ هو المحور الاكبر وباقامة عمود عليه من نقطة ه يتعين المحور الاصغر وتوجد طرق كثيرة لرسم القطع الناقص



اذا كان المراد رسم بيضاوى على مستقيم ا ب نرسم دائرة
ا ه م ء نصف قطرها = اب/٣ وأجرى مماسة لها م
ح ب نصف قطرها = اب/٦ ونأخذ بعد ء ح′ = ب
ح ونصل مستقيم ح ح′ ونقيم من منتصفه عمود ه ر
ونجعل نقطة ر مركزا وبنصف قطر ر ء نرسم قوسا
يمس الدائرتين المذكورتين فيحدث نصف الشكل
المراد رسمه وهكذا يفعل لتتميم نصفه الآخر

(فى القطع المكافئ)

القطع المكافئ هو منحنى كل نقطة منه كنقطة م على ابعاد متساوية من بورته نقطة
ب وخطه الدليل ء ء′ وتتعين بورته ب بأخذ بعد م ب = م ء وان الارتباط
ب م′ = م′ ء′ هو معادلة القطع المكافئ المنسوب لبورته وخطه الدليل

اذا كان المراد رسم القطع المكافئ نمد من بورته
مستقيمات ب ء′ , ب ء″ , ب ء‴ فتتقابل
مع الدليل فى نقط ء′ , ء″ , ء‴ فنأخذ
منها مستقيمات موازية لمحوره الافقى ثم ننصف
المستقيمات المذكورة ب ء′ , ب ء″ , ب ء‴
بالنقط ه′ , ه″ , ه‴ ونقيم منها اعمدة
فتقابل الخطوط الموازية المذكورة فى نقط
م′ , م″ , م‴ فتكون هى نقط القطع
المكافئ المطلوب

(طريقة ثانية) وهى ان نقيم من أى نقطة من محوره الافقى عمودا عليه ونجعل
البورة مركزا وبنصف قطر يساوى البعد بين موقع العمود وموقع الدليل نرسم قوسا
فيقطع العمود المذكور فى نقطة فتكون هى من نقط القطع المكافئ المطلوب

(طريقة ثالثة) وهى ان نرسم دفعة واحدة قوسا معين الامتداد بواسطة مسطرة مثلثية ﻫ و ى تزلق على الخط الدليل ى ى وخيطا طوله ﻫ و يربط أحد طرفيه بالنقطة ﻫ من المسطرة المذكورة وطرفه الآخر بالبورة ب ثم يزلق على طول المسطرة قلم راسم والخيط مشدود فيرسم منحنى القطع المكافئ

اذا كان المراد رسم المماس للقطع المكافئ فى نقطة ما مثل نقطة مَ نصل منها البورته بمستقيم مَ ب ونرسم من نقطة مَ مستقيم مَ حـ موازيا لمحوره ب ى فتحدث زاوية حـ مَ ب فننصفها بمستقيم مَ س فيكون هو المماس المطلوب أو نمد مستقيم مَ حـ حتى يلاقى الدليل فى نقطة حَ ونصل حَ ب فيكون العمود النازل من نقطة مَ على مستقيم حَ ب هو المماس المطلوب

اذا كان المراد رسم قطع مكافئ معلوم منه ارتفاعه م ت وعرضه ت حـ نبحث أولا عن بورته ولذلك نصل مستقيم م حـ ثم نقيم عليه عمود حـ س ونقسم س ت أربعة اجزاء متساوية ونضع أحدها من نقطة م الى ب ومن م الى ى فتحدث بورته وخطه الدليل وبعد معرفة بورته والخط الدليل يمكن رسمه كما تقدم

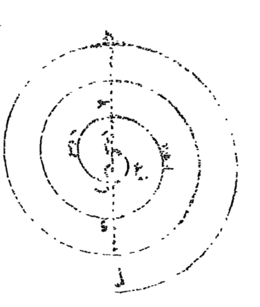
(فى القطع الزائد)

القطع الزائد يحدث من قطع مخروط ذى طبقتين بمستو موازٍ لمحوره وهو منحن كالمنحنى م آ مَ و م ا مً يكون التفاضل بين نصفى قطريه البوريين وهما م ب = ل و م ب = لَ الموصولين من أى نقطة منه كنقطة م لبورتيه ب و بَ ثابتا والارتباط

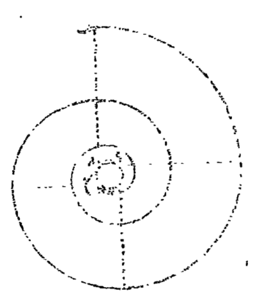
والارتباط ل ــ لَ = ± ٢ حـ
هو المعادلة البورية للقطع الزائد
والرمز ٢حـ = ا اَ ومتى علم كل
من البعد بـ بَ و ل ــ لَ
= ± ٢حـ فانه يسهل رسم القطع
الزائد نقطة فنقطة

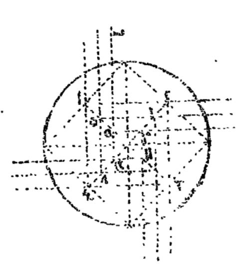
ويمكن أن يرسم دفعة واحدة قوس
معين الامتداد بمسطرة كالمسطرة م بـ
بأن تثبت احدى نهايتيها في احدى
البورتين كبورة بـ مثلا وبواسطة
خيط كالخيط هـ م بَ الذي يختلف
طوله عن طول المسطرة بالكمية
الثابتة ٢حـ يثبت أحد طرفيه في نقطة هـ من المسطرة والطرف الآخر
في البورة بَ ثم يزلق على المسطرة قم راسم م والخيط مشدود على المسطرة فيرسم
قوسا من منحنى القطع الزائد لانه تحصل ل ــ لَ = بـ م هـ ــ بَ م هـ = ٢ حـ
واذا كان المراد رسم القطع الزائد بعد معرفة بورتيه بـ و بَ نقطة فنقطة نأخذ
ابعادا ما ولتكن بـ ع و بـ لَ و ... بـ خ ثم نجعل البورة بَ مركزا
وببعد بَ ع نرسم قوسا ونجعل البورة بـ مركزا وببعد = ٢حـ + بـ ع
نرسم قوسا آخر فيقطع القوس الاول في نقطة س فتكون هي من نقط منحنى القطع
الزائد وبمثل ذلك نجري العمل على بعد بَ لً وغيره
اذا كان المراد رسم خط مماس للقطع الزائد في نقطة معلومة عليه كنقطة م نصل
منها البورتين بـ و ب بمستقيمين م بَ و م ب فيكون المستقيم م هـ
المنصف للزاوية الحادثة ب م بَ هو المماس المطلوب

اذا كان المراد رسم منحن داوري نمدّ مستقيما غير محدود مثل ه ل ونأخذ منه بعدا ما مثل م مَ ونرسم عليه نصف محيط دائرة مَ ع ب ثم نجعل نقطة مَ مركزا وبنصف قطر مَ ب نرسم نصف محيط دائرة حـ عَ ب ثم نجعل نقطة م مركزا وبنصف قطر م حـ نرسم نصف محيط دائرة حـ عً ء وهكذا



اذا كان المراد رسم منحن حلزوني ارتفاعه معلوم وليكن ع ب نقسم هذا الارتفاع تسعة أقسام متساوية ونجعل نقطة ع مركزا وبنصف قطر يساوي جزأ واحدا نرسم دائرة تسمى عين الحلزون ثم نرسم من نقطة ع مستقيما عمودا على ب ع ونمدّ ع ب على استقامته فتحدث أربع نقط على محيط العين نرسم بها مربعا ثم ننزل من مركز العين أربعة أعمدة على اضلاعه ونقسم كلا من الاعمدة المذكورة ثلاثة أقسام متساوية فتحدث اثنتا عشرة نقطة نمرها بالنمر ١و٢و٣و٤و٠٠٥٠٠ ١٢ وهي مراكز المنحني الحلزوني وكل أربع منها نرسم دورة منه وبعد ثلاث دورات يتم رسم المنحني المذكور يعني





نجعل نمرة ١ مركزا وبنصف قطر يساوى ١ ب نرسم قوسا ينتهى الى نقطة ح من المستقيم ٢١ ح ثم نجعل نمرة ٢ مركزا وبنصف قطر يساوى ٢ ح نرسم قوس ح ء ينتهى لنقطة ء من المستقيم ٢ ٣ ء ثم نجعل نمرة ٣ ونمرة ٤ مراكز كذلك فتتم الدورة الاولى ثم نجعل نمرة ٥ , ٦ , ٧ , ٨ مراكزا ونرسم أقواسا كذلك فتتم الدورة الثانية ثم نجعل نمرة ٩ , ١٠ , ١١ , ١٢ مراكز ونرسم أقواسا فتتم الدورة الثالثة

(فى توازن جسم واقع عليه قوة أو اكثر)

الجسم هو كل شئ نحس به حواسنا والجسم إما جامد أو سائل فالجامد هو ما كانت عناصره متصلة ببعضها يصعب انفصالها كالمعادن وغيرها والجسم السائل هو ما كانت عناصره متصلة ببعضها يسهل انفصالها كالهواء والماء وغيرهما

وجميع الاجسام قابلة للحركة ويقال ان الجسم متحرك اذا كانت أجزاؤه تنتقل من محل لآخر ويقال ان الجسم ساكن اذا كانت جميع أجزائه باقية كل فى محله والجسم الساكن لا يتحرك بنفسه والمتحرك لا تتغير كيفية حركته الا بتأثير سبب ما وهذا السبب يسمى قوة ويعتبر فى القوة شيئان المقدار والاتجاه فمقدار القوة هو الفعل الواقع منها على الجسم لتحريكه واتجاه القوة هو المستقيم الذى يتحرك عليه الجسم الواقع عليه القوة

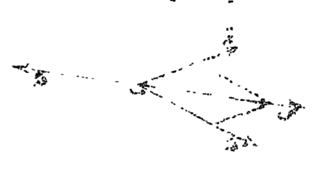
(تركيب وتحليل القوى)

اذا وقعت جملة قوى مختلفة المقدار والاتجاه على جسم فلا يمكن تحركه على جملة اتجاهات فى آن واحد لان القوى المتساوية تعدم بعضها ويتحرك الجسم فى اتجاه القوة الباقية التى تسمى محصلة القوى وتسمى القوى المذكورة بالقوى الاصلية وطريقة تحويل جملة قوى الى محصلتها تسمى تركيب القوى وطريقة ايجاد القوى الاصلية بعد معرفة محصلتها تسمى تحليل القوى

اذا وقعت قوتان متساويتان ومتضادتان على نقطة واحدة بطل تأثيرهما وصارت النقطة فى حالة التوازن وبالعكس اذا حصل التوازن لنقطة واقع عليها قوتان فهاتان القوتان يكونان متساويتين ومتضادتين

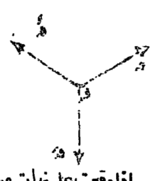
ولسهولة حل المسائل المتعلقة بالقوى تبين القوى المذكورة على حسب اتجاهاتها بمستقيمات وتشكل بأشكال هندسية

محصلة القوتين الواقعتين على نقطة واحدة توجد في مستوى اتجاهيهما فيما بين القوتين



اذا وقعت قوتان ق , قَ على نقطة ب فمحصلتهما ص تكون قطر متوازى الاضلاع المنشئ على اتجاهيهما واذا كانت القوتان ق و قَ متساويتين فمحصلتهما

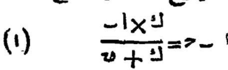
صَ تكون قطر المعين أو المربع المنشئ على اتجاهيهما ولحصول التوازن لنقطة ب يلزم ايقاع قوة ثالثة قً مساوية ومضادة لمحصلة القوتين الاصليتين التي هي ص



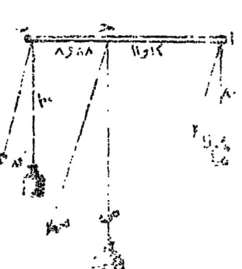
اذا وقعت ثلاث قوى متساوية ق , قَ , قً على نقطة واحدة ب بحيث تقسم المحيط الذى مركزه النقطة ب ثلاثة أقسام متساوية فانها تجعل هذه النقطة في توازن لانه يمكن اعتبار كل واحدة من الثلاث قوى المذكورة مضادة لمحصلة الباقيتين كما تقدم

اذا وقعت على نهايتي مستقيم ا ب قوتان ق , ك متوازيتان ومتحدتا الجهة تكون محصلتهما ص موازية لهما ومقدارها يساوى مجموعهما ونقطة وقوعها ء تقسم المستقيم ا ب قسمين بالنسبة العكسية للقوتين يعني ان المحصلة

ص = ق + ك وان بعد نقطة ء وقوع المحصلة يستخرج من هذا التناسب



$$ب ء = \frac{ك \times ا ب}{ك + ق} \qquad (١)$$



مثلا اذا كانت قوة ق = ١٠٠ أقه , ك = ٨٠ أقه , ا ب = ٢٠ مترا فتكون ص =

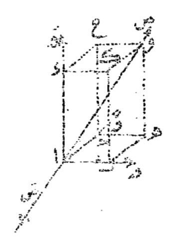
صه = ق + ك = ١٨٠ وبمقتضى قانون (١) يكون مقدار بعد موقع المحصلة

ب ح = $\frac{٨٠ \times ٢٠ م}{١٨٠}$ = ٨٫٨٨ م

واذا كانت جهة قوة ك مخالفة لجهة قوة ق وجب تغيير علامتها فتصير ـ ك وتكون المحصلة في هذه الحالة صه = ق ـ ك ويكون بعدها

ب ح = $\frac{- ك \times ا ب}{ق - ك}$

اذا وقعت ثلاث قوى ق ق َ ق ً ليست في مستو واحد على نقطة واحدة ا وبينا شداتها بالمستقيمات ا ب , ا ح , ا ء بحيث تكون النسبة بين الثلاث قوى الى بعضها كالنسبة بين مقادير شداتها فأولا يكون اتجاه محصلة هذه الثلاث قوى صه هو اتجاه ا صه قطر متوازى السطوح المنشأ على شدات القوى المذكورة وثانيا تكون شدة هذه المحصلة مبينة بطول القطر المذكور ا صه بحيث تكون النسبة بين القوى الاصلية والمحصلة كالنسبة بين شدات القوى الاصلية وقطر متوازى السطوح المذكور يعني اذا كانت نسبة



ق : ق َ : ق ً :: ا ب : ا ح : ا ء تكون نسبة

ق : ق َ : ق ً : صه :: ا ب : ا ح : ا ء : ا صه

واذا كانت الثلاث قوى متعامدة تكون محصلتها صه تساوي جذر حاصل جمع مربعات القوى المذكورة

يعني $صه = \sqrt{ق^2 + ق^2 + ق^2}$

واذا كانت الثلاث قوى متساوية ومتعامدة تكون محصلتها صه مبينة بقطر المكعب المنشأ على شداتها ولاجل حصول التوازن يلزم ايقاع قوة رابعة مساوية ومضادة للمحصلة صه

اذا كان المراد تحليل المحصلة صه المعلومة مقدارا واتجاها بالمستقيم ا صه الى

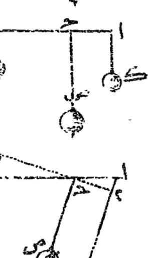
ثلاث قوى ق , قَ , قً غير موجودة فى مستو واحد ومعلومة الاتجاه نرسم من نقطة ا مستقيمات ا ب , ا حـ , ا ء موازية لاتجاهات القوى ق , قَ , قً ونمرر بمستقيمى ا ب , ا حـ مستوى ا ب هـ حـ وبمستقيمى ا ب , ا ء مستوى ا ب ك ذ وبمستقيمى ا حـ , ا ء مستوى ا حـ ع ذ ثم نمرر من نقطة ص ثلاثة مستويات موازية للثلاثة مستويات المتقدمة فانها تحدد ثلاثة اتجاهات القوى ق , قَ , قً بنقط تلاقيها بها وتكون مقادير أطوالها دالة بالنسبة لطول او على مقادير شداتها

(فى عزم القوى)

عزم القوة هو حاصل ضربها فى بعدها عن نقطة ثابتة أو مستقيم ثابت أو مستو ثابت

اذا وقعت قوتان ق , ك متقاطعتا الاتجاه فى نقطة ا فان عزمى هاتين القوتين بالنسبة لنقطة ما كنقطة ذ من اتجاه محصلتهما ا ص يكونان متساويين

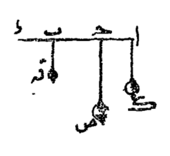
يعنى ق × ء هـ = ك × حـ ء



اذا وقعت قوتان ق , ك متوازيتا الاتجاه ومؤثرتان فى جهة واحدة على نهايتى مستقيم ا ب عمودياً على اتجاههما يكون عزم القوة الاولى بالنسبة لنقطة حـ وقوع القوة المحصلة ص يساوى لعزم القوة الاخرى بالنسبة للنقطة المذكورة حـ أعنى يكون ق × حـ ب = ك × ا حـ

اذا وقعت قوتان ق , ك متوازيتا الاتجاه ومؤثرتان فى جهة واحدة على نهايتى مستقيم ا ب مائل على اتجاههما يكون عزم القوة الاولى بالنسبة لنقطة حـ وقوع المحصلة ص يساوى لعزم القوة الاخرى بالنسبة للنقطة المذكورة أعنى يكون

ق × حـ بَ = ك × حـ اَ



اذا وقعت قوتان ق , ك متوازيتا الاتجاه ومؤثرتان فى جهة واحدة على نهايتى مستقيم ا ب عمودياً على اتجاههما يكون عزم القوة المحصلة ص لهما بالنسبة لنقطة ما مثل نقطة

نقطة ء مأخوذة على استقامة المستقيم المذكور يساوي مجموع عزمي القوتين المذكورتين بالنسبة للنقطة المذكورة يعني

ص × ح ء = ق × ب ء + ك × ا ء

(في مراكز الثقل)

التأثير الذي يحصل للجسم حال سقوطه في الفراغ على الارض بغير وجود مانع يمنعه يسمى ثقل الجسم وهذا التأثير يقع على جميع العناصر التي يتركب منها الجسم وهذا الثقل يعتبر كقوة واقعة عليه على الدوام لكنها لا تكون ثابتة في جميع بقاع كرة الارض بل تتغير على حسب بعدها عن مركز الارض وهذا التغير يكون بالنسبة العكسية لمربع البعد أي ان الاجسام كلما بعدت عن المركز قل ثقلها وكلما قربت منه زاد ثقلها وحيث ان سطح الارض ليس كرويا بالتحكيم بسبب التبطيط الموجود في جهتي القطبين فثقل الجسم الذي يكون على سطح الارض في جهة القطبين يكون كبيرا عن الذي يكون في خط الاستواء ولكون ان الارض تكمل دورتها حول محورها في ظرف ٢٤ ساعة تقريبا فجميع نقطها ترسم دوائر حول المحور المذكور وتكون الدوائر المرسومة بالنقط البعيدة عن المحور كبيرة عن التي تكون مرسومة بالنقط القريبة منه ومقادير القوى الطاردة عن المركز لنقط الدوائر الكبرى تكون أكبر من الاخرى وفعلها في تعطيل تأثير ثقلها يكون أعظم من فعل التعطيل الذي يحصل من القوى الطاردة عن المركز لنقط الدوائر الصغيرة وبناء عليه يكون ثقلها في خط الاستواء أصغر من ثقلها بالقطبين

والخط الذي يتبعه الجسم حال سقوطه في الفراغ بتأثير التثاقل يسمى مستقيما رأسيا ويكون عمودا على سطح الارض في جميع بقاعها وعمودا على سطح الماء الراكز والسطح العمودي على هذا المستقيم يسمى مستويا أفقيا

(في قوانين سقوط الاجسام)

اذا قطعنا النظر عن مقاومة الهواء أي فرضنا سقوط الاجسام في الفراغ نتوصل بالتجربة الى الثلاثة قوانين الآتية

(الاول) ان جميع الاجسام تسقط في الفراغ بسرعة واحدة لانه لو أخذت أنبوبة

من الزجاج طولها ٢ م مسدودة أحد الطرفين وطرفها الثانى منته بحنفية تدخل منها أجسام كالرصاص وخشب الفلين والورق

ثم بعد ذلك يفرغ منها الهواء بالآلة المفرغة ثم تقلب الانبوبة بسرعة فنشاهد سقوط الثلاثة أجسام بسرعة واحدة لكن متى أدخل فيها قليل من الهواء وقلبت الانبوبة نشاهد تأخر الاجسام الخفيفة ويكون هذا التأخر واضحا بالكلية متى امتلأت الانبوبة بالهواء فينتج من ذلك ان سقوط الاجسام فى الهواء مختلف السرعة وان القوة المحركة بها الاجسام التى تقهر مقاومة الهواء تكون أشد كلما كانت كتلة الاجسام أعظم

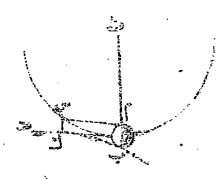
(الثانى) ان سرعة الجسم الساقط فى الفراغ تكون مناسبة لزمن سقوطه أعنى كلما كبر الزمن مرتين أو ثلاثة أو أربعة تكبر السرعة مرتين او ثلاثة أو أربعة

(الثالث) ان المسافات التى يقطعها الجسم بسقوطه فى الفراغ تكون مناسبة لمربع الازمنة التى سقط فيها مثلا لو ضبطت المسافة التى قطعها الجسم بسقوطه من منارة فى أوّل ثانية وكانت ٤,٩ م لكانت المسافة التى يقطعها فى الثانيتين $٤,٩ \times ٢^{٢} = ١٩,٦$ م والمسافة التى يقطعها فى الثلاث ثوان $٤,٩ \times ٣^{٢} = ٤٤,١$ م وهكذا يفعل فى بقية الازمنة ولمعرفة مقدار ما قطعه الجسم من المسافة فى كل زمن بعد الزمن الذى قبله يطرح مقدار المسافة المقطوعة فى الزمن المتقدم من المسافة المقطوعة فى الزمن الذى يليه أو يضرب مقدار المسافة المقطوعة فى الزمن الاوّل فى أوتار العدد ٣ ، ٥ ، ٧ ، ... الخ وهذه القوانين ليست ثابتة الا فى الفراغ وفى السقوط من ارتفاع قليل وأما فى الارتفاع الكبير فى الهواء فتتنوع بمقاومته للاجسام

(فى قوانين القوّة المركزية الطاردة)

القوّة المركزية الطاردة هى كل قوة تنشأ عن حركة منحنية ويميل بها المتحرك على الدوام الى التباعد عن مركز الدوران

ولاجل



ولاجل مشاهدة ان الحركة المنحنية تحدث القوة المركزية الطاردة نفرض جسم م معلقا فى المركز ث بخيط غير قابل للتمدد راسما حول هذا المركز دائرة فاذا اعتبرت هذه الدائرة مكونة من مستقيمات صغيرة جدا يقال انه متى وصل المتحرك الى أى نقطة من المنحنى كنقطة م فانه يرسم أحد هذه المستقيمات وبالنظر للقصور الذاتى يميل هذا الجسم الى استمرار حركته على المستقيم الصغير الذى يرسمه أو على المماس م ت لكن لا يمكنه اتباع هذا السير لانه ممسوك بالحبل الغير قابل للتمدد فى المركز فاذا جعلنا بعد م ك مقدار القوة التى تحرك الجسم فى اتجاه م ت وحللناها الى قوتى م س وم ب تكون الاولى هى القوة التى تقدم الجسم فى اتجاه محيط الدائرة والثانية هى القوة المركزية الطاردة لانها تميل الى تبعيد الجسم م عن مركز الدائرة

وهذا يمكن تطبيقه على الجسم الموضوع فى المقلاع قبل انقذافه منه وهو فى حالة الدوران فاذا انقطع حبل المقلاع اندفع الجسم باحدى القوتين أعنى القوة المركزية الطاردة فيخرج عن محيط الدائرة ويسير فى اتجاه المماس للدائرة التى كان سائرا فيها قبل

وقوانين القوة المركزية الطاردة الناشئة عن الحركة المنحنية ثلاثة

الاول ان شدة القوة المركزية الطاردة تكون مناسبة لكتلة المتحرك

الثانى ان هذه الشدة للجسم الواحد والمنحنى الواحد تكون مناسبة لمربع السرعة يعنى متى كبرت سرعة المتحرك مرتين أو ثلاثة كبرت القوة المركزية أربع مرات أو تسعة

الثالث متى تساوت الكتل والسرعة تكون القوة المركزية الطاردة على حسب عكس نصف قطر الدائرة المرسومة بالمتحرك (ولنرجع لما كنا فيه فنقول)

وحيث اذا وقعت جملة قوى متوازية فى جهة واحدة على جملة نقط مرتبطة ببعضها فأولا يكون لهذه القوى قوة محصلة مساوية لمجموعها وثانيا يكون اتجاه هذه المحصلة موازيا لاتجاه القوى المذكورة وثالثا يكون للمحصلة نقطة تأثير تسمى بمركز القوى المتوازية فينتج من ذلك أولا انه يوجد محصلة لجميع أثقال عناصر الجسم الجامد وهذه

المحصلة هي ثقـل الجسم وثانيا ان اتجاه هـذه المحصلة يكون موازيا للقوة التثاقل أى رأسيا وثالثا انه يكون لمحصلة أثقال عناصر الجسم نقطة تأثير تسمى مركز الثقل
وينتج مما ذكر أولا انه يمكن اعتبار ثقـل جسم أو جملة أجسام مرتبطة ببعضها كقوة مؤثرة فى اتجاه رأسى على مركز ثقل الجسم الذى هو دائما موجود على الاتجاه المذكور مهما كان وضع الجسم المذكور وثانيا انه يلزم لحصول التوازن مع فعـل التثاقـل المؤثر على جميع عناصر الجسم ايقاع قوة واحـدة رأسية تمر بمركز ثقل الجسم بشرط أن تكون مساوية لثقل مجموع عناصر الجسم وتكون مؤثرة فى عكس اتجاه تأثير التثاقل
وبالعكس اذا حصل التوازن بين قوة واحدة وبين ثقل مجموع عناصر جسم أو أجسام مرتبطة ببعضها فيكون اتجاه هذه القوة رأسيا ومارا بمركز ثقل الجسم
مثلا اذا فرضنا ان الجسم ا ب معلق بسلك مستقيم هـ ء فى خطاف ثابت ء فانه يتوازن ويمحى فعل التثاقل بمقاومة السلك ويكون اتجاه السلك رأسيا ومارا بمركز ثقـل الجسم المذكور

(فى ايجاد مركز ثقل جسم بالتجربة)

اذا كان المراد ايجاد مركز ثقل جسم ما بالتجربة يعلق الجسم بخيط من احـدى نقطه فاتجاه هـذا الخيط يمر بمركز ثقـل الجسم ثم يعلق من نقطة ثانية فيمر امتـداد الخيط بمركز ثقل الجسم كذلك فتكون نقطة تلاقى الخيطين مركز ثقل الجسم المفروض
اذا اعتبرنا ان الخطوط والسطوح والاجسام مركبة من أجزاء متحدة فى الوزن يكون

(١) مركز ثقل المستقيم فى منتصف طوله و
(٢) مركز ثقل سطح متوازى الاضلاع أو محيطه فى نقطة تلاقى قطريه و
(٣) مركز ثقل سطح الدائرة أو محيطها هو مركزها و
(٤) مركز ثقل سطح من متوازى السطوح أو مجسمة فى نقطة تلاقى قطرين من أقطاره الاربعة أو فى منتصف أحد أقطاره و
(٥) مركز ثقل السطح المحـدب للاسطوانة القائمـة أو المائلة ذات القاعدتين المتوازيتين أو مركز ثقل مجسمها فى منتصف محورها و
(٦) مركز ثقل سطح الكرة أو مجسمها هو مركزها

(٧) وعموما يكون مركز ثقل محيط الاشكال المنتظمة وسطحها أو مجسمها في مركزها
اذا كان المراد ايجاد مركز ثقل مثلث مستقيم الاضلاع ا ب ح نصل من زاوية ا
الى وسط الضلع ب ح المقابل لها بمستقيم ا ى فمركز ثقل المثلث يكون موجودا
على هذا المستقيم ثم نصل من زاوية ب الى وسط ا ح بمستقيم
ب ه فمركز ثقل المثلث يكون موجودا أيضا على هذا المستقيم
فتكون نقطة ف تلاقي المستقيمين ا ى و ب ه هي مركز
ثقل المثلث المفروض وان مركز الثقل ف يكون موجودا في ثلث الخط ى
الواصل من رأس المثلث لمنتصف القاعدة ب ح من جهة القاعدة المذكورة
اذا كان المراد ايجاد مركز ثقل سطح مضلع ما ا ب ح ى ه نقسمه الى ثلاثة مثلثات
بقطري ا ح و ا ى الموصولين من زاوية ا ثم نعين مراكز ثقل المثلثات
الحادثة ف و ع و ح ثم نرسم مستقيمين ل م و ل ه بالاختيار في مستوى كثير
الاضلاع المفروض وعليهما ننزل أعمدة من مراكز الثقل
ف و ع و ح ونعتبر هذين المستقيمين كخطي تقاطع
مستويين موازيين لاتجاه التثاقل فبعد مركز ثقل
المضلع صه أو المثلثات عن كل من مستقيمي ل م و ل
ه يساوي لمجموع عزم المثلثات بالنسبة لكل من
المستويين المذكورين مقسوما على مجموع مساحات
المثلثات يعني ان بعد هذا المركز عن مستقيم ل م يكون

$$\frac{\text{اب × ف فَ + ا ح ى × ع عَ + ا ى ه × ح حَ}}{\text{ا ب ح ى ه}}$$

و بعده عن مستقيم ل ه يكون

$$\frac{\text{ا ب ح × ف فً + ا ح ى × ع عً + ا ى ه × ح حً}}{\text{ا ب ح ى ه}}$$

فحينئذ اذا مددنا مستقيما يوازي ال م ومتباعدا عنه بكمية مساوية لاول بعد من
البعدين المذكورين فهذا المستقيم يحتوي على مركز ثقل كثير الاضلاع وأيضا اذا
مددنا مستقيما يوازي ل ه ومتباعدا عنه بكمية مساوية للبعد الثاني يكون هذا المستقيم

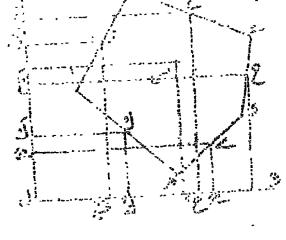
محتويا أيضا على مركز الثقل فيكون حينئذ تقاطع هذين المستقيمين هو مركز ثقل المضلع المطلوب

اذا كان المراد ايجاد مركز ثقل محيط كثير الاضلاع ا ب ح ء ه ننصف أضلاعه بنقط ف و ع و ح و ى و ك فتكون هي مراكز ثقل هذه الاضلاع ثم نرسم مستقيمين ل م و ل ه بالاختيار في مستوي كثير الاضلاع المذكور وننزل عليهما أعمدة من مراكز الثقل فبعد مركز ثقل محيط الشكل ص بالنسبة لكل من مستقيمي م ل و ل ه يساوي لمجموع عزم الاضلاع مقسوما على حاصل جمع هذه الاضلاع يعني ان بعد مركز الثقل ص عن مستقيم ل م يكون

$$\frac{\text{اب}\times\text{ف ف}' + \text{ب ح}\times\text{ع ع}' + \text{ح ء}\times\text{ح ح}' + \text{ء ه}\times\text{ى ى}' + \text{ه ا}\times\text{ك ك}'}{\text{اب} + \text{ب ح} + \text{ح ء} + \text{ء ه} + \text{ه ا}}$$

وبعد مركز الثقل ص عن مستقيم ل ه يكون

$$\frac{\text{اب}\times\text{ف ف}'' + \text{ب ح}\times\text{ع ع}'' + \text{ح ء}\times\text{ح ح}'' + \text{ء ه}\times\text{ى ى}'' + \text{ه ا}\times\text{ك ك}''}{\text{اب} + \text{ب ح} + \text{ح ء} + \text{ء ه} + \text{ه ا}}$$



فاذا مددنا مستقيما موازيا للمستقيم ل م ومتباعدا عنه بكمية مساوية للبعد الاول ومددنا أيضا مستقيما موازيا لمستقيم ل ه ومتباعدا عنه بكمية مساوية للبعد الثاني فتكون نقطة ص تقاطع هذين المستقيمين مركز ثقل محيط كثير الاضلاع المفروض

اذا كان المراد ايجاد مركز ثقل هرم ثلاثي ا ب ح ء نعين نقطة ف مركز ثقل أحد وجوهه ب ح ء بأن نصل من ء الى منتصف ب ح بمستقيم ء ه ونضع نقطة ف بشرط أن تكون في $\frac{1}{3}$ ضلع ء ه من جهة ب ح ثم نصل مستقيم ا ف فحينئذ مركز ثقل الهرم يكون موجودا على مستقيم ا ف ثم نبحث

نبحث عن نقطة ع مركز ثقل وجه آخر منه كوجه ا ب ح كما تقدم فاذا وصلنا مستقيم ى ع فهذا المستقيم يحتوى أيضا على مركز ثقل الهرم فتكون نقطة ص تقاطع مستقيمى ا ف و ى ع مركز ثقل الهرم المفروض وهى فى ربع مستقيم ا ف بالابتداء من وجه ى ح ب

اذا كان المراد ايجاد مركز ثقل قوس دائرة ا ف ب يقال ان مركز ثقل القوس المذكور يوجد على نصف القطر ح ف الذى يمر بوسط هذا القوس وعلى بعد من مركزه ح وهو الرابع المتناسب لطول القوس ولوتره ا ب ولنصف قطره ح ف يعنى انه يستخرج بعد ح ص مركز ثقل قوس ا ف ب من هذا التناسب

ا ف ب : ا ب :: ح ف : ح ص = (ا ب × ح ف) / ا ف

(فى توازن الرافعة)

الرافعة قضيب متين لا ينثنى سواء كان مستقيما أو منحنيا قابلا للحركة حول احدى نقطه الثابتة التى تسمى نقطة الارتكاز

فاذا فرضنا ان الرافعة عديمة الثقل وان ق و ك قوتان واقعتان بدون واسطة أو بواسطة حبلى ا ق و ب ك على النقطتين ا و ب من الرافعة واعتبرنا مقاومة النقطة ح كقوة ثالثة م واقعة على الرافعة فى نقطة ح ففى حالة توازن هذه القوى الثلاث يلزم أولا أن تكون اتجاهاتها فى مستو واحد وان تتقاطع فى نقطة واحدة كنقطة ى وثانيا ان تكون النسبة بين القوتين ق و ك كالنسبة العكسية بين العمودين ح ه و ح ف المنزلين من نقطة الارتكاز على اتجاهيهما

أعنى $ق : ك :: ح ف : ح هـ$

وثالثا اذا أخذنا بالابتداء من نقطة ى على اتجاهى القوتين ق , ك مستقيمين ى ل , ى م مناسبين لمقدارى هاتين القوتين وكملنا متوازى الاضلاع ى ل هـ م فالقطر ى هـ يبين القوة ر قدرا واتجاها أعنى انه يبين مقاومة نقطة الارتكاز وحينئذ يكون $ق : ك : ر :: ى ل : ى م : ى هـ$ أو

$ق : ك : ر :: جا ك ى ر : جا ق ى ر : جا ق ى ك$

اذا فرضنا ان نقطة الارتكاز ح قابلة لمقاومة غير محدودة فلاجل ان القوتين ق , ك يتوازنان حول هذه النقطة بواسطة الرافعة يلزم أولا ان اتجاههما ونقطة الارتكاز تكون فى مستو واحد وثانيا ان كلا من القوتين ق , ك يميل لتدوير الرافعة حول نقطة الارتكاز ح فى جهة مضادة لجهة تأثير القوة الاخرى وان عزميهما بالنسبة لهذه النقطة يكونان متساويين أعنى يكون

$ق \times ح هـ = ك \times ح ف$

و يشاهد أولا مما تقدم انه مهما كان صغر قوة ك فانه يمكن دائما بواسطة رافعة جعلها موازنة لقوة أخرى ق معلومة المقدار والاتجاه لان $ح ف = \frac{ق \times ح هـ}{ك}$

وثانيا اذا كان البعد ح ف معلوما يمكن ايجاد مقدار القوة التى توازن قوة ق لان

$ك = \frac{ق \times ح هـ}{ح ف}$

وأما الحمل الواقع على نقطة الارتكاز ح فيساوى محصلة القوتين ق , ك وهذا الحمل يتعين بواسطة التناسب الآتى

$ق : ك : ر :: جا ك ى ر : جا ق ى ر : جا ق ى ك$ يعنى ان

$ر = \frac{ق \times جا ق ى ك}{جا ك ى ر}$ أو

$ر = \frac{ك \times جا ق ى ك}{جا ق ى ر}$

(تنبيهان) الاول اذا كان اتجاه القوتين ق , ك الواقعتين على رافعة متوازيين كما

اذا

اذا كان ثقلان معلقان فى نقطتى ا و ب فان الحمل الواقع على نقطة الارتكاز ح = ق + ك فاذا كانت الرافعة مستقيمة يكون مثلث ا ح ه مشابها لمثلث ب ح ف ويحدث

ح ف : ح ه :: ح ب : ح ا وفى حالة التوازن نجد

ق : ك :: ح ب : ح ا

(الثانى) يعتبر ثقل الرافعة كقوة ثالثة رأسية واقعة على مركز ثقلها فاذا كان ق و ك ثقلين معلقين فى رافعة ثقيلة ا ب ومتوازنين حول نقطة الارتكاز ح فيعتبر ثقل الرافعة كثقل ثالث س معلق فى مركز ثقلها ع ومجموع عزمى الثقلين ك و س بالنسبة لنقطة الارتكاز ح يساوى عزم الثقل ق أعنى يكون

$$\text{ك} \times \text{ح ب} + \text{س} \times \text{ح ع} = \text{ق} \times \text{ح ا}$$ أو

$$\text{ك} \times \text{ح ب} = \text{ق} \times \text{ح ا} - \text{س} \times \text{ح ع}$$ أو

$$\text{ق} = \frac{\text{ك} \times \text{ح ب} + \text{س} \times \text{ح ع}}{\text{ح ا}}$$

$$\text{ك} = \frac{\text{ق} \times \text{ح ا} - \text{س} \times \text{ح ع}}{\text{ح ب}}$$

ومقدار الحمل الواقع على نقطة الارتكاز ك = ق + ك + س (تطبيق بالحساب)

اذا كانت الرافعة قضيبا من حديد سمكه متحد فى جميع طوله وثقله ١٠ كيلوجرامات وطوله ٢ م وذراع المقاومة ٠,١ م والمقاومة ٥٠٠ كيلوجرام فما مقدار القوة التى يلزم وضعها فى الطرف الثانى من الرافعة لحصول التوازن

جواب ذلك يقال ان معادلة ك × ح ب = ق × ح ا + س × ح ع ينتج منها

$$\text{ق} = \frac{\text{ك} \times \text{ح ب} - \text{س} \times \text{ح ع}}{\text{ح ا}}$$ أو

$$\text{ق} = \frac{٥٠٠ \times ٠,١ - ١٠ \times ٠,٩}{١,٩٠} = \frac{٥٠ - ٩}{١,٩} = \frac{٤١٠}{١٩} = ٢١,٥٧٩$$

ومقدار الحمل الواقع على نقطة الارتكاز = ق + ك + س = ٥٣١,٥٧٩ كيلوجرام

(نوع ثان من الرافعة)

فى هذا النوع تكون نقطة الارتكاز فى أحد طرفى الرافعة والمقاومة فى الطرف الثانى والقوة بينهما وهذا النوع يستعمل فيما اذا أريد احداث سرعة عظيمة فى الحركة كما فى المداس الذى يضع السنان قدمه عليه لادارة حجر المسن فان المداس المذكور هو الرافعة والطرف المثبت فيه هو نقطة الارتكاز والطرف الثانى المقاومة والقدم الذى بين الطرفين هو القوة ويلزم فى هذا النوع بذل قوة عظيمة

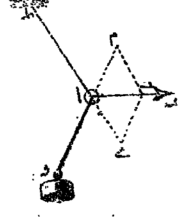


اذا وقعت قوتان ق و ك على نهايتى رافعة ا ب مستندة حول نقطة الارتكاز د واختل التوازن كانت النسبة بين القوتين كالنسبة العكسية بين المسافتين ب ف و ا هـ المقطوعتين بهاتين القوتين تبعا لاتجاههما يعنى تكون نسبة ق : ك :: ب ف : ا هـ

(فى توازن القوى التى يؤثر بعضها فى بعض بواسطة الاحبال)

لذلك نفرض ان الاحبال بدون ثقل وانها آيلة الى محاورها المعتبرة خطوطا قابلة للانثناء ولا تنقطع ولنفرض ثلاثة أحبال ا ط و ا ف و ا ق مجتمعة فى عقدة ا وان ف قوة واقعة على الحبل ا ف حافظة للثقل ق فى الموازنة بواسطة نقطة ثابتة ط مربوط فيها الحبل ا ط والمراد ايجاد شروط التوازن

ولذلك نحلل القوة المؤثرة ف المبينة بخط ا ب الى قوتين احداهما ا ء تكون متجهة جهة نقطة الارتكاز ط والاخرى ا م تكون مضادة للثقل ق ويلزم من هذا ان تكون الحبال الثلاثة فى مستو واحد فأما القوة الاولى ا ء فانها تنعدم



بمقاومة النقطة الثابتة ط ويتبين الضغط الواقع على هذه النقطة أو مقدار شدة قوة ط الناتج من حبل ا ط وأما القوة الثانية ا م فانها تكون هى القوة التى يلزم ان تكون مساوية للثقل ق لكى يحصل التوازن فحينئذ يوجد

ف : ق : ط :: ا ب : ا م : ا ء ومنه ينتج

ط

ط : ى :: جا ف ا ى : جا ط ا ف و ف : ى :: جا ط ا م : جا ط ا ف
اذا كان الحبل ط ا ف مارا من حلقة مربوطة في طرف حبل ا ى ففي حالة التوازن اتجاه القوة ى يقسم زاوية ط ا ف الى جزئين متساويين لان هذه القوة تكون موضوعة بكيفية واحدة بالنسبة لاتجاهي الجزئين ط ا , ا ف ولا موجب لتزحلق الحلقة الى جهة منها والجزآن ط ا و ا ف يكونان مشدودين بالتساوي ويوجد
ف : ى :: جا ½ ط ا ف : جا ط ا ف
وحيث ان ثقل الحبل ط ا ف لا يكون معدوما فلا يمكن ان تصل هذه الزاوية الى قائمتين ابدا
وحين تكون القوة ى جاعلة الحلقة في حالة الموازنة يمكن اعتبار نقطة الحلقة التي تماس فيها مع الحبل كنقطة ثانية وصرف النظر عن بقية الحبل فينتج مما سبق انه اذا كانت قوتان شادتان حبلا متكئا على نقطة ثانية فان الضغط على هذه النقطة ينصف الزاوية الحادثة بين جزئي الحبل المذكور وهذان الجزآن يكونان حينئذ مشدودين بالتساوي وينتج ايضا انه اذا كانت قوتان متوازنتان بواسطة حبل محيط بمضلع محدب او بخط منحن فان الضغط الواقع على كل زاوية ينصفها وجميع اجزاء الحبل تكون مشدودة بالتساوي والقوتان يكونان متساويتين

(في البكر)

البكرة قرص فيه تقعير في محيطه يمر عليه حبل ى ع ح ك وهذا القرص يمر بمركزه محور هـ والبكرة تدور حول هذا المحور في حالة هـ ل فاذا تصورنا ان محور البكرة ثابت وان ى , ك قوتان واقعتان على طرفي الحبل وان هذا الحبل لا يحدث احتكاكا على مقر البكرة فمن الواضح ان القوتين ى , ك لا تتوازنان الا اذا كانتا متساويتين لانهما ان كانتا غير متساويتين فالقوة

الكبرى نحو الصغرى على مقعر البكرة فلا يكون هناك توازن والبكرة لا تبقى في حالة الموازنة الا اذا كانت القوة المحصلة من القوتين ق , ك مارة بمركز البكرة ومعدومة بمقاومة تمر بهذا المركز فحينئذ اذا مددنا ق ع , ك ح اللذين هما اتجاها الحبلين حتى يتلاقيا في نقطة ا وبينا القوة ق بمستقيم ا ب والقوة ك بمستقيم ا ح وكملنا متوازى الاضلاع ا ب ء ح فقطره ا ء الذى يبين محصلة هاتين القوتين يلزم ان يمر بالنقطة الثانية ه

ومقدار الحمل الواقع على محور البكرة يساوى محصلة القوتين ق , ك فاذا رمزنا بحرف ر لهذا الضغط يكون

ق : ك : ر :: ا ب : ا ح : ا ء

واذا مد الوتر غ ح الذى هو وتر القوس المحاط بالحبل يكون

ا ب : ا ح : ا ء :: ع ه : ه ح : غ ح واذن يكون

ق : ك : ر :: ع ه : ه ح : غ ح

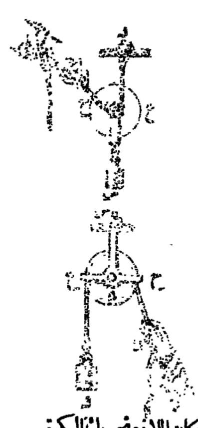
واذا كان محور البكرة محفوظا بالمقاومة س بواسطة الحمالة ه ل فلاجل اتزان هذا المحور وتوازن القوى ق , ك , س الثلاث يلزم ان القوة س تكون مساوية ومضادة للحمل الواقع على المحور ومن هنا يعلم اولا ان اتجاه هذه القوة يلزم ان يتحد مع المستقيم ا ه وثانيا ان مقدارها يلزم ان يكون مساويا للمحصلة ر من القوتين ق , ك فعلى هذا يكون

ق : ك : س :: ع ه : ه ح : غ ح

فحينئذ اذا كانت قوتان ق , ك واقعتين على حبل ملتف على بكرة وكانتا متوازنتين مع وجود قوة ثالثة س واقعة على محور البكرة فاولا تكون القوتان ق , ك متساويتين وثانيا اتجاه القوة س ينصف الزاوية الحادثة بين اتجاهى القوتين الاخريين وثالثا كل واحدة من القوتين ق , ك نسبتهما الى القوة الثالثة س كنسبة نصف قطر البكرة الى وتر القوس المحاط بالحبل

وينتج مما سبق اولا انه اذا كان حبل الحمالة مربوطا في نقطة ثابتة ذات مقاومة غير محدودة وفرض ان المطلوب جعل القوة ك والمقاومة ق في حالة الموازنة او التغلب على المقاومة ق بالقوة ك فالبكرة لا تساعد القوة انما تغير اتجاهها بدون تغير مقدارها

واما



وأما اذا كان أحد طرفي الحبل الملتف على البكرة مربوطا
في نقطة ثابتة ق وكانت المقاومة م مربوطة
في الحمالة فالبكرة تساعد القوة ك التي هي أقل من
المقاومة لان نسبة ك : م :: ه ح : ع ح
وثانيا حين يكون اتجاها الحبل ق ع و ك ح متوازيين
ومتوازيين لحبل الحمالة يصير الوتر ع ح قطرا ويحدث
ق : ك : م :: ١ : ١ : ٢
يعني ان القوة م أو الضغط الواقع على محور البكرة
يساوي مجموع القوتين ق و ك أو ضعف احداهما ومن
هنا يعلم ان القوة ك توازن المقاومة م التي هي ضعفها
ويسمون بكرة ثابتة كل بكرة تكون حمالتها مربوطة في
نقطة ثابتة وتكون القوة والمقاومة واقعتين على الحبل
الملتف عليها لكن اذا كانت المقاومة مربوطة في الحمالة وكان اللازم تحريك البكرة
مع المقاومة تسمى هذه البكرة متحركة
ولنفرض ثلاث بكرات متحركة
مجردة عن الثقل وان الاولى حاملة
ثقل ق معلقا في حمالتها وانها محاطة
بحبل أحد طرفيه مربوط في نقطة
ثابتة ء وطرفه الآخر مربوط
في حمالة البكرة الثانية وان هذه البكرة
ملتف عليها حبل آخر أحد طرفيه
مثبت في نقطة ح وطرفه الآخر مربوط في حمالة البكرة الثالثة وان هذه البكرة
ملتف عليها حبل ثالث مثبت من أحد طرفيه في نقطة م ومشدود من طرفه
الآخر بقوة ك ونفرض ان الثلاث بكرات في الموازنة ونعد أنصاف الاقطار وأوتار
البكر فيمكن اعتبار توازن البكرة الاولى ا كما اذا كانت وحدها فاذا رمزنا بحرف
ص لمقدار شدة الحبل ب ص نجد

وإذا رمزنا بحرف ى لشدة حبل ف ى نجد ف : ص :: ب ح : ب ا
ويوجد بخصوص البكرة الثالثة ص : ى :: ف ع : ف هـ
أو ى : ك :: ك ل : ك ى

ف : ك :: ب ح × ف ع × ك ل : ب ا × ف هـ × ك ى

أعني ان نسبة المقاومة الى القوة كنسبة حاصل ضرب الاوتار الى حاصل ضرب أنصاف الاقطار

(نتيجة)

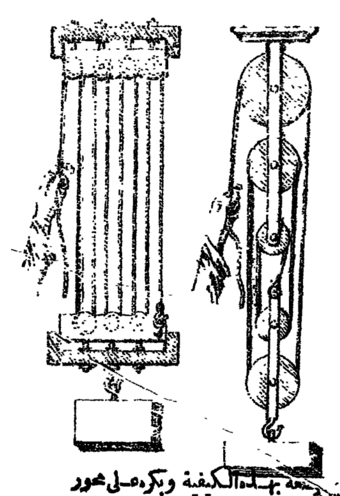
حين تكون الحبال ح ء ذ ع ح ل م متوازية تصير الاوتار أقطارا والتناسب السابق يؤل الى ف : ك :: ٢×٢×٢ : ١×١×١ أو ٨ : ١

ومن هنا يعلم ان نسبة المقاومة الى القوة في هذه الحالة كنسبة عدد ٢ مرفوعا الى درجة مبينة بعدد البكر المتحرك الى واحد

(في العيارات)



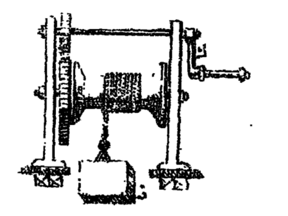
العيار هو جملة بكر مجتمعة في حالة واحدة ودائما يستعملون عيارا ثابتا مصحوبا بعيار متحرك وجميع بكر العيارين يلف عليها حبل واحد أحد طرفيه مربوط في أحد العيارين وطرفه الآخر مشدود بالقوة وأما المقاومة فتكون معلقة في حالة العيار المتحرك فاذا صرفنا النظر عن ثقل الآلة وكانت القوة ك موازنة للمقاومة ف المعلقة في حالة العيار المتحرك فلا يوجد التوازن الا اذا كان موجودا لكل بكرة وحدها وكان جزآ الحبل الملتف على هذه البكرة مشدودين بالسوية يعني يكون شد حبل ك ا = شد حبل ب ح وشد حبل ب ج = ء هـ وشد ء هـ = ف ع وهكذا فاذن تكون الحبال المارة من عيار لآخر مشدودة بالتساوي وحيث ان مقدار شد أحد هذه الحبال مضروبا في عددها يساوي المقاومة يكون مقدار شد أحد هذه الحبال أو القوة ك يساوي



تساوى خارج قسمة المقاومة م
على عدد الحبال التى تمر من عيار
لآخر ينتج من ذلك ان العيار
المكون من ٦ بكرات الذى فيه
طرف الحبل مربوط فى حالة البكر
الثابت يلزم أن يكون فيه القوة
ك = $\frac{1}{٦}$ المقاومة لكى توازنها
وأما فى الحالة التى يكون فيها العيار
مكونا من ٥ بكرات منها ٣ ثابتة
و ٢ متحركتان وفيه طرف الحبل
مربوط فى العيار المتحرك فان القوة
ك = $\frac{1}{٥}$ م
وثقل العيار المتحرك يعتبر كأنه جزء
مضاف الى المقاومة
ولما كان وضع العيار بالكيفية
المذكورة يشغل مسافة عظيمة استحسن وضعه بهذه الكيفية وبكره على محور
واحد وبصير أوفق فى الاستعمال

(فى الملفاف)

الملفاف هو اسطوانة موضوعة وضعا أفقيا تدور حول محورها محمولة من طرفيها على
نقطتين ثابتتين يلف عليها حبل يجذب ثقلا ما وهذه الآلة تعتبر رافعة ولما أيادى
تحركها القوة المؤثرة



ومهما كان اتجاه القوة عندما تكون
متجهة فى مستو عمودى على محور
الاسطوانة فانه يمكن تصور القوة
المذكورة كأنها واقعة على طارة
يكون محيطها مماسا لاتجاه هذه القوة
ولايجاد النسبة بين القوة ك والمقاومة

ق في حالة الموازنة يؤخذ عزم كل منهما بالنسبة للمحور المذكور فاذا رمزنا بحرف كَ لبعد القوة ك من محور الملفاف وبحرف قَ لبعد المقاومة عنه يكون

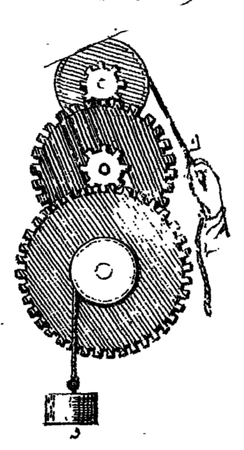
ك × كَ = ق × قَ   أو

ك : ق :: قَ : كَ

أعني ان نسبة القوة الى المقاومة كنسبة نصف قطر الاسطوانة الى نصف قطر الطارة وباعتبار سمك الحبال يرى في حالة توازن الملفاف ان نسبة القوة الى المقاومة كنسبة نصف قطر الاسطوانة مضافا اليه نصف قطر الحبل الى نصف قطر الطارة مضافا اليه نصف قطر الحبل

(في الطارات المسننة والضروس)

الطارات المسننة والضروس هي من أنواع الملافيف فالاسنان فيها بدل الاحبال التي توصل الحركة من ملفاف لآخر ويلزم أن تكون الاسنان المصنوعة في محيط كل طارة متباعدة عن بعضها بمسافات متساوية وكذا يلزم ان يثبت على سهم كل طارة مسننة طارة أخرى قطرها أصغر من قطر الاولى مسننة كذلك وتسمى ضرسا ويلزم أن توضع هذه الطارات بحيث ان أسنان كل ضرس تتعشق بأسنان الطارة التي تليه فبهذا الوضع متى دارت طارة حول محورها فضرسها يحرك الطارة المتعشق بها فتدور حول محورها ويكون الضرس الاخير في هذه الحالة بمنزلة اسطوانة ملفاف فحينئذ اذا كانت قوة ك واقعة على محيط الطارة الاولى وموازنة لمقاومة ق الواقعة على محيط الضرس الاخير يكون نسبة القوة الى المقاومة كنسبة حاصل ضرب أنصاف أقطار الضروس الى حاصل ضرب أنصاف أقطار الطارات وتستعمل الطارات المسننة



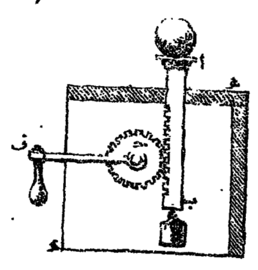
المسننة فى أغلب الآلات سيما فى الطواحين والساعات وفائدتها توصيل حركة دوران اسطوانة أو سهم حول محوره بواسطة حركة دوران سهم آخر ويكفى لاجل ذلك أن يكون محورا السهمين فى مستو واحد رأسى

حينما تكون الزاوية الحادثة بين محورى السهمين قائمة توضع عادة الاسنان عمودية على مستوى الطارة وحينئذ يمكن أن تتعشق تلك الاسنان بأسنان ضرس أو بأضلاع فانوس يسد مسد ضرس وبهذا التعشيق تجبر أسنان الطارة على أن تنزلق على أضلاع الفانوس فى اتجاه محوره وبهذا الوضع يزداد الاحتكاك

وعلى العموم مهما كانت الزاوية ب ا ح الحادثة بين محورى السهمين فلاجل أن تتصل حركة دوران أحدهما بالآخر بواسطة طارتين مسننتين مثل ء ه ف ع و ه ح ى ف ولاجل ان الاسنان لا تنزلق على بعضها فى اتجاه المحورين يلزم أن تكون كل طارة منهما حادثة من مخروط ناقص لهما رأس مشتركة وهى نقطة ا ومحوراهما يكونان متحدين بمحورى السهمين ويلزم أن تكون أسنان كل طارة منهما منتهية بسطوح مخروطية لها رأس مشتركة هى نقطة ا المذكورة

(فى العفريتة)

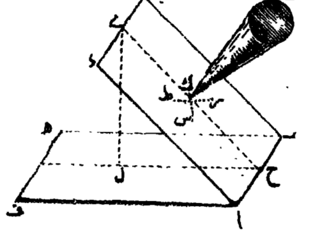
العفريتة بسيطة ومركبة فالبسيطة هى آلة مركبة من قضيب من حديد ا ب فى أحد أوجهه أسنان ويتحرك فى جهة طوله داخل علبة ء ه وأسنان القضيب تتعشق بأسنان الضرس ح الذى يدور حول محوره بواسطة مانويلة ف وأسنان الضرس تحرك أسنان القضيب فيرتفع الثقل المستقر على رأس القضيب ا أو الثقل الذى يرتفع بحمالة ب وهذه الآلة نوع من الملفاف ومن الواضح انه فى حالة التوازن حين ما يكون اتجاه القوة عمودا على ذراع المانويلة تكون نسبة القوة الى



المقاومة كنسبة نصف قطر الضرس الى ذراع المانويلة وأما فى العفريتة المركبة فتتعشق أسنان الضرس الاوّل بأسنان طارة مسننة وأسنان ضرس هذه الطارة تتعشق بأسنان القضيب فبهذا الوضع يمكن موازنة مقاومة عظيمة جدا بقوّة متوسطة وهذه الحالة تنسب لحالة الطارات المسننة

(فى توازن جسم على مستو مائل)

المستوى المائل ا ب ح ى هو مستو مكوّن مع المستوى الافقى ا ب هـ ف زاوية حادة ى ح ك وهى مقياس ميل المستوى المائل على الافق ومستوى الزاوية المذكورة هو رأسى وعمود على المستوى المائل وعلى المستوى الافقى وعلى فصلهما المشترك ا ب واذا أنزلنا من نقطة ى عمود ى ل على المستوى الافقى فلا يخرج عن مستوى الزاوية المذكورة ويحدث مثلثا قائم الزاوية ى ل ح ووتره ى ح طول المستوى المائل وضلعه الرأسى ى ل هو ارتفاع المستوى المائل وضلعه الافقى ل ح هو قاعدة المستوى المذكور



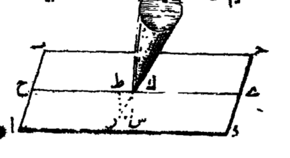
فاذا مس جسم مستو مائلا ثابتا ا ب ح ى فى نقطة واحدة ك وكان هذا الجسم مدفوعا بقوّة واحدة ق واتجاهها ق ك عمود على المستوى المائل ومارّ بنقطة التماس ك فهذا الجسم يكون متزنا

لان اتجاه القوّة ق ك عمود على المستقيمات ك ر و ك س و ك ط و ... الخ المارّة بموقعه نقطة ك ومرسومة

ومرسومة في المستوى المائل ا ب ح ء وحيث ان هذه القوة مدفوعة بالنسبة لكل من هذه الخطوط بكيفية واحدة فلا موجب لتحريك نقطة ك على احد هذه الخطوط دون الآخر فحينئذ تبقى هذه النقطة متزنة وبناء عليه يبقى الجسم كله متزنا والشرطان المتقدمان ضرور يان لاتزان الجسم المدفوع بقوة لانه

أولا اذا كان اتجاه القوة ﻫ ے ليس مارا بنقطة التماس ك فلا مانع يمنع نقطة ع التي هي احدى نقط الجسم الموجودة على هذا الاتجاه من اقترابها من المستوى وحينئذ يتحرك الجسم

ثانيا اذا كان اتجاه القوة ﻫ ك مارا بنقطة التماس ك وليس عمودا على المستوى المائل فيمكنا أن نتصور ان هذه القوة واقعة من نقطة ك فاذا مددنا اتجاهها جهة ك ر ورسمنا مستقيم ك س عمودا على المستوى المائل وتصورنا مستويا مارا بالمستقيمين ك ر و ك س فهذا المستوى يقطع المستوى الاول ا ب ح ء في مستقيم ح ے المار بنقطة ك فاذا بينا قوة ﻫ بجزء ك ر من اتجاهها



وكملنا متوازي الاضلاع ك ط ر س أمكن تعويض قوة ﻫ بالقوتين ك س و ك ط وحيث ان قوة ك س مارة بنقطة التماس واتجاهها عمود على المستوى المائل ا ب ح ء فتنعدم بمقاومة هذا المستوى وحيث انه ليس موجودا ما يبطل تأثير قوة ك ط التي اتجاهها موازٍ للمستوى فتتحرك نقطة ك في اتجاه ك ط ح وحينئذ لم يتزن الجسم

وينتج من ذلك انه اذا كان جسم متأثرا بقوة ثقله فقط ومتزنا على مستو يمسه في نقطة واحدة يلزم لموازنته (أولا) ان مركز ثقله ق ونقطة التماس يكونان على مستقيم واحد رأسي وثانيا ان يكون المستوى ا ب ح ء أفقيا

وينتج أيضا انه اذا كان جسم متأثرا بقوة ثقله فقط ومتكئا على مستو مائل باحد نقطه وكانت هذه النقطة على اتجاه الخط الرأسى المار بمركز ثقله فهذا الجسم يتحرك

وكذلك اذا كان جسم مدفوعا بقوة واحدة ق على سطح منحن ا ك ب ولا يمسه الا فى نقطة واحدة ك لا يتزن الجسم المذكور الا اذا كان اتجاه القوة مارا بنقطة التماس وعمودا على السطح المنحنى

والسطح المائل هو آلة من ضمن الآلات التى توضح قوانين سقوط الاجسام وانه كلما كبرت الزاوية الحادة ح ك كلما زادت سرعة سقوط الجسم وكلما صغرت نقصت سرعة سقوط الجسم

(فى الممص)

الممص أنبوبة منحنية الى شعبتين مختلفتى الطول تستعمل لتفريغ السوائل من أعلى حافة اناء الى آخر والشعبة القصيرة هى التى تغمر فى الاناء المراد تفريغه ولاجل استعماله يملأ أولا بالسائل ولاجل ذلك يقلب ويملأ مباشرة وتسد فتحتاه فى الحال ثم يوضع كما هو موضح فى هذا الشكل أو تغمر الشعبة القصيرة فى السائل ويجذب الهواء الذى فى الممص من فتحة ب بواسطة الفم فيحصل الفراغ فى الممص ويندفع سائل الاناء ث فى الانبوبة بتأثير الضغط الجوى ويملؤها ويستمر سيلانه ومتى كان السائل المراد تفريغه مضرا بالفم فانه يستعمل ممص ملحوم فيه أنبوبة أخرى م موازية للشعبة الكبيرة وحينئذ يجذب الهواء من الجهاز بواسطة فتحة و لهذه الانبوبة ويلزم سد فتحة ب مدة جذب الهواء ومنع ارتفاع السائل فى الانبوبة المضافة الى الفم ومتى امتلأ الممص بأى عمل كان استمر السيلان مادامت الشعبة الصغيرة مغمورة فى السائل ومن أراد الاطلاع على باقى الممصات فعليه بالمطولات

فى

(فى الطلونبات)

الطلونبات آلات تستعمل لرفع المياه بالمص أو الكبس أو بهما معا ولذلك تنقسم الطلونبة الى ماصة وكابسة وماصة كابسة والقطع المختلفة التى تدخل فى تركيب الطلونبة هى جسم الطلونبة والمكبس والصمامات وأنابيب المص والصعود فجسم الطلونبة اسطوانة مجوفة ثابتة من معدن أو خشب فيها المكبس الذى هو اسطوانة من معدن أو خشب موشحة بالمشاق تنزلق مع محاكة لطيفة فى جميع طول جسم الطلونبة والصمامات هى أقراص من معدن أو من جلد تستعمل لغلق وفتح الفتحات التى توصل جسم الطلونبة بأنابيب المص والصعود والانابيب هى التى يصعد فيها الماء أولا الى جسم الطلونبة ثم يندفع لاعلى وتصنع أنواع من الصمامات وأكثرها استعمالا الصمام المتكون من قطعتين منضمتين بقضيب من حديد كما فى هذا الشكل والصمام المخروطى المرسوم فى هذا الشكل فالاول قرص معدنى مثبت على حافة الفتحة التى يغلقها بواسطة نوع رزة ولاجل أن يكون الغلق محكما يوشح السطح السفلى للقرص بجلد تخين وفى الغالب يستمر طرف هذا الجلد على حافة الفتحة المعدة لغلقها متى كان قطره أعرض من القرص والصمام المخروطى مخروط معدنى يدخل فى فتحة مخروطية أيضا وتحت هذه الفتحة قضيب من حديد بمرفقه ذو رأس مثبت فى الصمام والغرض من هذا الوضع تحديد حركة الصمام متى ارتفع بواسطة الماء ومنعه من الانقلاب

(الطلونبة الماصة)

الطلونبة الماصة مبين قطعها فى هذا الشكل

وهى تتركب أولا من جسم طلونبة اسطوانى فى جزئه العلوى فتحة جانبية خ يسيل منها الماء ومثقوب من قاعدته بفتحة مغطاة بصمام سه ينفتح من أسفل الى أعلى ثانيا من أنبوبة مص ا مثبتة من أحد طرفيها فى جسم الطلونبة وطرفها الثانى مغمور فى الماء المراد رفعه ثالثا من مكبس ب يحمل ساقا يتحرك حركة ذهابا وايابا بواسطة رافعة ب والمكبس فى مركزه ثقب مغطى بصمام صه ينفتح من أسفل الى أعلى فمتى كان المكبس فى نهاية انخفاضه ورفع حصل الفراغ أسفله وبقى صمام صه مغلقا بضغط الجو وحينئذ يرفع الهواء الكائن فى انبوبة ا بالنظر لقوة مرونته

صمام س ويمر جزء منه فى جسم الطلونبة وحيث ان هواء أنبوبة
ا صار متخلخلا فالماء يصعد فيها ومتى نزل المكبس انغلق صمام
س بثقله النوعى ومنع رجوع الهواء من جسم الطلونبة الى
أنبوبة المص ا وحينئذ فيفتح الهواء المنضغط بالمكبس صمام
صه و يصعد فى الجو من الثقب المصنوع فى المكبس وبعد
تشغيل المكبس عدة مرات يصعد الماء فى جسم الطلونبة ومن
هذا الوقت يتنوع الفعل الحادث أعنى فى مدة نزول المكبس
ينغلق صمام س والماء المنضغط يرفع صمام صه و يصعد
أعلى المكبس والمكبس يرفعه بعد ذلك عند صعوده الى
لفتحة الجانبية ح التى ينصب منها وحينئذ فلا يوجد هواء
فى جسم الطلونبة ولا فى أنبوبة المص ويتبع الماء المدفوع
بضغط الجو المكبس فى حركته بشرط أن لا يرتفع اكثر من
١٠٫٣ م فوق استواء الماء الذى فى الحوض المغمورة فيه
أنبوبة المص لان ثقل عمود الماء الذى ارتفاعه ١٠٫٣ م
يعادل ضغط الجو وعلى العموم لا تكون أنبوبة المص اكثر من ٨ م

(الطلونبة الكابسة)

هذه الطلونبة تؤثر بالكبس كما يدل عليه اسمها وقطعها
مبين فى هذا الشكل
وتخالف السابقة بكون مكبسها مصمتا وليس لها أنبوبة
مص حيث ان جسم الطلونبة يكون مغمورا فى نفس الماء
الذى يراد رفعه وبالجملة فوفق على جانب جسم الطلونبة
أنبوبة ء التى هى أنبوبة صعود الماء وفى الجزء السفلى
من هذه الانبوبة صمام صه ينفتح من اسفل الى أعلى
وفى قاعدة جسم الطلونبة صمام س مشابه له فمتى
صعد المكبس انفتح صمام س وارتفع بدفع الماء
وامتلأ جسم الطلونبة ثم بنزوله ينغلق صمام س بثقله النوعى وبالضغط الواقع
ويفتح الماء المضغوط بالمكبس صمام صه ويصعد فى أنبوبة ء الى ارتفاع

ليس

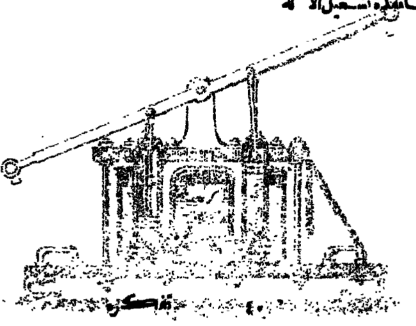
ليس له حد الا الضغط الحاصل بالمكبس ومقاومة الآلة

(الطلونبة الماصة الكابسة)

هذه الطلونبة ترفع الماء بالمص والكبس معا وقطعها مبينين في هذا الشكل ومكبسها مصمت وفي قاعدة جسم الطلونبة صمام ينفتح من أسفل الى أعلى ويغلق أنبوبة المص ا وعلى جانب جسم الطلونبة أنبوبة الصعود ﺩ مع صمامها فتى اشتغلت الطلونبة فالماء الممتص بأنبوبة ا عند صعود المكبس كل مرة يندفع في أنبوبة ﺩ عند نزول المكبس في كل مرة وأما حد امتصاص وصعود الماء فكما في الطلونبتين السابقتين وفي الطلونبة الماصة الكابسة يكون السيلان متقطعا لانه لا يحصل الا اذا انخفض المكبس ويقف متى صعد ثانيا ويصلح هذا العيب بواسطة حوض هوائي كما سيشاهد في طلونبة الحريقة

(طلونبة الحريقة)

هي طلونبة كابسة يحصل انتظام سيلان الماء فيها بواسطة الحوض الهوائي المتقدم ذكره وبواسطة طلونبتين كابستين يؤثران على التوالي فطلونبتا م م المحركتان برافعة واحدة ب ك بواسطة ثمانية أشخاص مغمورتان في صندوق يستمر ماؤه بالماء مدة تشغيل الآلة



ومشاهد انه متى جذبت احدى الطلونيتين الماء من الصندوق كبسته الاخرى فى جزء
ر المسمى بالحوض الهوائى ومنه يمر من فتحة ز فى أنبوبة طويلة من جلد أو غيره
توجهه الى محل الحريقة وبدون اضافة الحوض الهوائى ينقطع انصباب الماء كلما
وصلت المكابس لاعلى أو لاسفل وفى الواقع حيث ان سرعة دخول الماء فى هذا
الحوض أعظم من خروجه فانه يرتفع استواؤه أعلى من فتحة ز ويضغط الهواء
المالئ للحوض وينتج من ذلك انه عند وقوف المكابس فى كل مرة يؤثر هذا الهواء
المنضغط على الماء ويقهره على السيلان فى زمن وقوف المكابس ويشاهد من ذلك
ان فائدة الحوض الهوائى صيرورة السيلان مستمرا

(فى الابنية)

(فى انشاء العمود التوسكانى)

اذا كان المراد انشاء الطريقة التوسكانية فى ارتفاع ما معلوم كارتفاع بناء مسجد
مقداره ٧٠ و٧م نقسم الارتفاع المعلوم ٧و٧٠ م على ٢ جزء + ٢٢ مودول
الذى هو ارتفاع الطريقة فيكون خارج القسمة ٣٤٧ و٠ م مقدار المودول ثم
نقسم هذا المودول اثنى عشر قسما متساوية فيكون خارج القسمة ٠٢٨ و٠ م
مقدار الجزء الواحد الذى بواسطته يتعين مقدار البروزات والاجزاء الصغيرة من هذه
الطريقة وان مقدار ارتفاع كل من الثلاثة أجزاء المتركبة منها الطريقة المذكورة
مبين كالآتى

	جزء	مودول		مودول
مقدار ارتفاع الكرسى	٨	٤	=	٦٦٦ و٤
مقدار ارتفاع العمود	٠	١٤	=	٠٠٠ و١٤
مقدار ارتفاع الخارجة المستكملة	٦	٣	=	٥٠٠٠ و٣
مجموع ارتفاع الطريقة	٢	٢٢	=	١٦٦ و٢٢

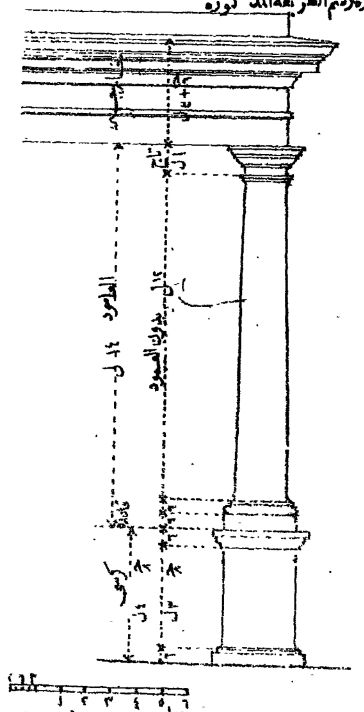
ولمعرفة مقدار ما يخص ارتفاع كل من الثلاثة أجزاء المذكورة بالمتر من أصل ارتفاع
البناء ٧٠ و٧ م المعلوم نضرب ارتفاع كل منها فى مقدار المودول ٣٤٧ و٠ م
فنجد

مقدار

مودول

مقدار ما يخص ارتفاع الكرسي ٤،٦٦٦ × ٠،٣٤٧م = ١،٦٢م
مقدار ما يخص ارتفاع العمود ١٤،٠٠٠ × ٠،٣٤٧م = ٤،٨٦
مقدار ما يخص ارتفاع الخارجة ٣،٥ × ٠،٣٤٧م = ١،٢٢
المجموع وهو مقدار ارتفاع البناء المعلوم = ٧،٧٠

وهاك صورة رسم الطريقة المذكورة



وحيث ان هذا العمود تصنع عادة من الرخام الجيد الخواص وجب علينا ان نشرحه فنقول

(فى الرخام)

الرخام هو حجر جيرى أو كربونات الجير ماتون ببعض أكاسيد معدنية والخواص الجيدة للرخام الصلابة ودقة الحبوب والبياض والشفافية ومنه الابيض الشفاف الذى كان يتخذ منه الاقدمون الواحا للشبابيك قبل اختراع الزجاج ومنه ذو اللون الواحد وهو الاصفر والاخضر أو الاحمر أو الاسود وغير ذلك ومنه الملون ويسمى بالبريش وهو المركب من جملة قطع رخامية مستديرة مختلفة اللون متصلة ببعضها بواسطة مادة جيرية وهذا النوع لا يقاوم الحوادث الجوية والرخام ذو اللون الواحد أحسن من الملون فى الصلابة

(عيوب الرخام)

يوجد فى الرخام شامات توجب كسره وعدم انتظام صقلته ويوجد فيه نقر فيها مواد ترابية يجب تنظيفها وملؤها بالمعاجين عند استعماله تسمى سوسا ومن الرخام ماهو ناشف لا يمكن ضبط حروف ترابيعه لتفتتها

(فى قطع الرخام من الجبل)

لذلك نعلم فى الجبل القطعة المطلوبة من جهاتها الاربعة بالفحم ثم نحفر حولها فى الجبل بالقطاطيع حتى نصل لعمق القطعة المطلوبة ثم نثبت الاسافين فى الحفر ونزنقها بأوراق من الحديد فى دائر قطعة الرخام ثم نطرق على الاسافين بالشواقيف طرقا منتظما فى آن واحد حتى تسمع ثم تطرق عليها طرقا خفيفا فتنفصل من الجبل ثم تخرج بواسطة العتلة أو المنويلة

(نشر الرخام)

النشر يكون بمناشير لا أسنان لها تحركها الادميين وتسقى بالماء والرمل والاوفر استعمال آلات فى المحال التى يوجد فيها الرخام بكثرة للاتجار فيه والمستعمل فى قطرنا ان كل منشار له ثلاث رجال يشتغلون عليه بالتبادل بان يكون اثنان منهم فى الطرفين والثالث فى محل عالى يعلو الكتلة الجارى نشرها وبالقرب منه ماجور فيه رمل وماء ليسقى المنشار من أحدهما تارة ومن الآخر تارة أخرى ويستمرون على ذلك حتى يبقى على انفصال القطعتين من بعضهما قيراط أو قيراطان فعند ذلك يرفعون المنشار ويضعون الاسافين

الاساقين محله و يطرقون عليها بالشواقيف فتنفصل القطعتان من بعضهما وتمكث هذه العملية بالنسبة لقلة صلابة الرخام وشدتها والزمن اللازم لنشر الرخام فى تواز مربع من ٥٦ ساعة الى ١٣٢ ساعة وفى الصوان من ٥٠٤ ساعة الى ٧٨٤ ساعة وفى السماقة ١١٧٦ ساعة

(فى صقل الرخام)

لذلك تزال الخروق والخطوط التى تتخلف من النشر على سطح الرخام بأن يحك على السطح المطلوب صقله بقطعة من الرخام مع سقيه بالماء والرمل حتى تزال الخروق والخطوط ثم تؤخذ قطعة من الحجر الطراوى (حجر المسن) ويسقى سطحها بالماء ويحك بها حتى يملس السطح ويظهر لون الرخام رائقا ثم يوضع المعجون فى الخروق الموجودة به ثم يسحق حجر الطراوى وتؤخذ بطانة من القماش يكون لها ايد وقاعدة ويرش من هذا المسحوق على سطح الرخام ويندى بالماء ويدلك وكلما تجمع المسحوق فى جهة يجمع تحت البطانة ويدلك به السطح ثم يضاف اليه جزء آخر ويستمر العمل هكذا حتى يظهر سطح الرخام لامعا براقا ثم يؤخذ سحيق عظم الخرفان المحروق وبطانة من القماش كالمتقدمة ويحك حتى يتم لمعانه وصفاء لونه

وهناك طريقة أخرى وهى ان يحك الرخام بعد نشره بحجر الرخام والماء والرمل ثم يحك بحجر الطراوى ثم تملأ الخروق بالمعجون ثم يملس السطح بحجر الخرفش ثم تؤخذ قطعة من الرصاص لها ايد وتوضع تحتها الصنفرة أو بطانة من القماش يوضع تحتها برادة الرصاص والصنفرة معا ويدلك السطح ثم تؤخذ البطانة ويبل مقعدها بالماء وتغمس فى دقيق متخذ من جزء من ملح البارود مع خمسة أجزاء من سلفات الحديد (الحاز) ويوضع هذا المخلوط على النار ٢٤ ساعة ثم يسحق الناتج ويدلك به الرخام حتى يظهر لمعانه ومن التجاريب علم ان التوازالمربع من الرخام يمكث صقله مدة من ٥٧ ساعة الى ١٤٨ ساعة والصوان من ٤٥٦ ساعة الى ٥٧٠ ساعة والسماق ١٠٢٦ ساعة

(فى الاحجار الصلبة وغير الصلبة)

الاحجار الصلبة هى التى تقطع بمناشير خالية عن الاسنان بواسطة الماء والرمل الرفيع

كالرخام والغير الصلبة هى التى تقطع بمناشير ذات أسنان كالبلاط وتميز صلابة الاحجار بالنسبة لبعضها بقشرها نشرا متساوى السرعة والضغط والزمن بمناشير متساوية فما يؤثر فيها المنشار أكثر من غيرها تكون أقل صلابة منه ويمكن تمييز صلابة الاحجار بواسطة الاحتكاك بحجر الصقلة أو بواسطة الثقل النوعى لها وان الاحجار السود أصلب من الغبش والغبش أصلب من الاحجار البيض

(فى الاحجار الصلبة الغير القابلة للصقل)

الخواص الجيدة لهذه الاحجار أن تكون ذات حبوب دقيقة من جنس واحد وان يكون نسيج سطحها منتظما ومندمجا وان لا تتأثر من الحوادث الجوية وحيث انه لا يمكن خلو أغلب الاحجار من العيوب فيجب على المهندس ان يوزعها فى البناء بحسب صلابتها فما كان جيدا منها بحيث لا تؤثر فيه الحوادث الجوية يوضع فى الاجزاء المهمة الظاهرة وما كان أقل جودة منها يوضع فى الاجزاء الباطنة ثم ان جميع محاجر الاحجار الجيرية تتركب من طبقات مختلف سمكها من نصف ذراع الى ذراع ونصف وهذه الطبقات تسمى بالارواح عند الحجارة وتوجد منفصلة عن بعضها بمادة طفلية أو برمال فيجب ازالتها من الحجر بالكلية وتسمى هذه المادة بطينة الحجر ويوجد فى الاحجار خروق ممتلئة بمواد ترابية فتسمى هذه الاحجار بالاحجار المسوسة وأما الاحجار التى يوجد بها عروق أو شامات فتسمى بالاحجار المعرقة

ويجب عند استخراج الاحجار من محاجرها ان تقطع موازية لطينتها وان توضع فى البناء كما كانت فى الجبل ويجتنب المهندس استعمال الاحجار التى يكون طارها فى مسرسارها أعنى التى يكون طولها مأخوذا من سمك الروح لانها ان وضعت فى البناء تفتت ووقعت صفائح وقد دلت التجاريب على ان الاحجار تمكث مدة طويلة متى كان طولها مأخوذا من طول الروح وعملية قطع الاحجار من محاجرها تكون كما تقدم فى قطع الرخام من محاجره وأكبر الاحجار يسمى بالعجالى وطوله من ذراع الى ثلاثة وأقل منه الدستور وأقل من هذا حجر الآلة المسمى حملا وطوله من ١٤ قيراطا الى ١٨ قيراطا وأصغرها حجر السهل وطوله من ١٥ قيراطا الى ٦ وأما الزوايا التى توضع لتحديد فتحات الشبابيك والابواب والاحجار التى تتركب منها العقود والقبوات المنحناة

بالسنج

بالسنج فتختلف ابعادها وأما الدبش فهو الاحجار الكبيرة أو الصغيرة وهو انواع فمنه الدبش الجبالى وهو قطع كبيرة الحجم توضع فى الاساسات ومنه الدبش الحلوانى وهو قطع تنتظم تقريبا بالمسطرين ومنه الدقشوم وهى قطع صغيرة تكسر بالقدوم وتوضع بين قطع الدبش لتسوية المداميك

(فى الاحجار البيض السلطانية الغير قابلة للصقل)

ورش تلك الاحجار المشهورة بقطرنا أربعة وهى ورشة جبل الجيوشى وورشة الدويقة التى بأسفل الجبل المذكور وورشة طره وورشة المعصرة والمستعمل من أحجار هذه الورش الابيض النظيف ذو الحبوب الرفيعة والسطح المنتظم والمندمج والاحجار التى بنيت منها القناطر الخيرية وأغلب الوابورات أخذت من ورشة المعصرة وأما الاحجار المستخرجة من ورشة طره فانها تستعمل دبشا لانها تتأثر من الهواء والماء

(فى الاحجار البيض الجيرية الرخوة)

المستعمل من هذا الجنس فى بلادنا حجر البلاط ويوجد بالمعصرة وحلوان ولونه أبيض خالص ذو حبوب دقيقة وأجوده هذا الجنس ما كان خاليا عن العروق واختلاف اللون والمادة الطفلية وقد يقطع منه طوارق للسلالم تختلف فى الطول من ذراع الى ثلاثة والعمك من قيراطين ونصف الى أربعة وعرضها نصف ذراع ويقطع منه أيضا ترابيع ابعادها من ١٦ قيراطا الى ذراع وسمكها من قيراط ونصف الى قيراطين ويقطع منه بلاط فرانى طوله من ١٦ الى ١٨ قيراطا وعرضه ٩ قراريط وسمكه من قيراط ونصف الى قيراطين ونصف

والاحجار الجيرية تفور بالحوامض ولا يحصل منها أدنى شرر عند مصادمتها بالزند الهوائى وتتحول الى جير بتعريضها الى حرارة كافية مدة وافية وهى سهلة القطع ويمكن اعطاؤها جميع الهيئات الصعبة بسهولة بخلاف الاحجار الاخر

(طريقة تصلب الاحجار الجيرية)

لمقاومتها الحوادث الجوية ولعدم نزفها المياه وليكون منظرها أملس يوضع على سطوحها سلكات البوتاسا أو القزاز الذائب فى ستة أمثال ثقله من الماء ويستعملون لاجل وضع ذلك طلونبات أو فرشا تسع السعة الاحجار وأخيرا يغسل الحجر المذكور بحمض ابدروفلوسيليسيك وهذا الحمض يعطى للحجر صلابة زائدة ويلزم دهنها

ثلاث مرات بعد كل يومين أو ثلاثة أيام مرة وان زاد دهنها عن ثلاث مرات تكون على سطح الحجر مادة زجاجية منظرها شنيع والكمية الممتصة من الذائب تقل فى كل عملية وتتغير تبعا الدرجة صلابة الحجر وترى أعمق كبير كلما كان الحجر محتويا على مسام كثيرة

وبعد هذه العملية يمكن تلوين الاحجار بأن يوضع على الاحجار الشاهقة البياض ذائب أسود مركب من سلكات مزدوج للبوتاسا والمنجنيز ويمكن تبييض الاحجار الغبش بوضع جزء من سلفات الباريت على سلكات السكاون

(فى أحجار الطواحين)

أحجار الطواحين تتكون من الرمل النظيف وسطحها مشحون بثقوب ويوجد منها كتل كبيرة وصخور وقطع سميكة تصنع منها الارحاء وهذه الاحجار تجلب الى القطر المصرى من بر الشام وقد يوجد منها بجبال الطور

(فى أحجار الجريس)

تتركب هذه الاحجار من حبوب رملية مجتمعة مع بعضها بواسطة مادة طينية أو جيرية وتستعمل فى المبانى كالاحجار الجيرية غير انها لما كانت لا تتشرب من المؤنة الا تشربا قليلا وكانت أحرفها تتفتت عند النقش عليها هجر استعمالها فى المبانى ويستعمل الصلب منها للتبليط ومن هذا الجنس الصلب أحجار الارحاء المستعملة لجرش الحبوب وهى تستخرج من وادى التيه بالقرب من البساتين ومن أحجار الجريس تصنع قواعد الطواحين وتستخرج من الجبل الاحمر بالقرب من العباسية وقد اتخذها المتقدمون فى الجهات القريبة منهم الموجود بها ذلك الجنس كالاقصر وأبى الحجاج أحجار المبانيهم وتماثيلهم وطريقة قطعها من الجبل كطريقة قطع الرخام

(فى حجر الصوان)

حجر الصوان مركب من الرمل النقى والفلدشبات والميكا والفلدشبات هى بلورات لامعة وهى عبارة عن سلكات الالمين والبوتاس وأما الميكا فهى مركبة من الرمل والالمين واكسيد الحديد واكاسيد أخر وقد استعمل هذا الحجر فى مبانى القدماء وبنوا منه المسلات وسقفوا منه هياكلهم وعملوا منه أعمدة وصناديق لامواتهم وأصناما وتماثيل ومنه أغلب أعتاب البيوت وأبواب المساجد بمصر ويوجد هذا

الحجر

بكثرة فى أسوان وفى جبل الطور والقصير ويختلف فى اللون والتركيب فمنه الاخضر والوردى والاسود والاحمر ولصعوبة قطعه وتسويته المحتاجين لكثرة المصاريف وبعده عن قطرنا هجر استعماله وهو أحسن من غيره فى المبانى المائية وثقله النوعى يختلف من ٢,٩٠ الى ٢,٦٠

(حجر البازلت المعروف فى مصر بحجر الطبخ)

هو حجر ذلكانى سنجابى اللون به نقط سود وبيض يميل أحيانا الى الخضرة صلب مندمج النسيج لماع ويتركب من الكرتز والميكا والايقيبول والفلدسبات ويوجد تارة فوق صخور الصوان وذلك فى جهة أسوان وتارة منعزلا وذلك فى جهة القصير ويعرف بحجر الهون لاتخاذ أهوان الادوية منه وغيرها وثقله النوعى ٢,٨٥ ويوجد أحجار كثيرة تركنا ذكرها لقلة استعمالها فاذا أردت استعمالها ومعرفتها فعليك بعلم الجيولوجية

(فى الطوب)

للطوب الاحمر المحروق جيدا فائدة عظيمة فى البلاد التى يندر وجود الاحجار بها وهو جامع بين الخفة والمتانة لا يتأثر من النار والرطوبة ويبنى منه العقود والقبوات وغيرها والطوب النى يمكث مدة طويلة لقلة الامطار فى قطرنا وكثرة الحرارة فيه خصوصا اذا طلى الحائط بمادة مركبة من الطين والتبن أو بالمؤنة الرملية

(عمل الطوب النىء)

طريقة ذلك أن يخلط الطين بالتبن خلطا جيدا ثم يترك هذا المخلوط حتى يختمر ثم يوضع منه فى قالب ثم يخرج منه ويترك مدة خمسة أيام الى عشرة حتى يجف

(عمل الطوب الاحمر)

كيفية ذلك أن يخلط الطين بالحمرة أو بالسبخ وبعد عمل الطوب كما تقدم يرص داخل القمائن وتوقد النار عليه مدة من ٢٤ ساعة الى ٣٦ ويترك حتى يبرد وتفك القمائن

ولاجل جعل الطوب جيدا يجب فى صناعته أولا ان تكون طينته خالية عن الاجسام القابلة للاحتراق كالتبن والجير والزلط وغيره وثانيا ان تخمر طينته بالماء وتقلب

حتى تمتزج أجزاؤها ببعضها وتصير مادة واحدة وثالثاان لا يستعمل من الماء الا الكمية اللازمة فقط بأن لا يوضع على كل قدم مكعب من الطين الا نصف قدم مكعب من الماء وكمية الماء تزيد وتنقص تبعا لجنس الطينة ورابعا ان يكون السطح الذى يرص فوقه الطوب للتجفيف مستويا ومغطى بطبقة خفيفة من الرمل الرفيع خامسا ان تضغط الطينة بعد وضعها بالقالب ضغطا محكما لتمتزج أجزاؤها ببعضها والطوب الجيد الذى عمل بالقناطر الخيرية تركب من جزء من الحمرة وأربعة أجزاء من الطين وطول القالب ٢٥ ر٠ م وعرضه ١٢ ر٠ م وسمكه ٠٦ ر٠ م

ويجب قبل عمل الطوب ان يؤخذ عينات من الطين وتصنع منها قوالب تجفف وتحرق فما وجد منها مشتملا على خواص الطوب الجيد يستعمل وما ليس كذلك يضم اليه ما يلزم من الرمل والحمرة وغيرهما والعمليات التى تجرى على الطين ليصير طوبا أحمر أربعة وهى تجهيز الطين وضرب الطوب وتجفيفه وحرقه ولنشرحها فنقول

(تجهيز الطين)

كيفية تجهيز الطين هو ان يؤخذ الطين وينقى من الاجسام الغريبة ثم يوضع فى حفائر فى الارض مع المادة المراد خلطها به بحيث تتبادل طبقاتها ويمزج ذلك بكمية الماء اللازمة ثم يترك مدة من ثلاثة أيام الى أربعة الى أن يختمر وينزل رجل فى الحفيرة ويقلب ويمزج عجينته ببعضها بفاس أو كريك مزجا جيدا

(ضرب الطوب)

طريقة ذلك هو أن تؤخذ قوالب من حديد أو خشب متوازيات السطوح خالية القواعد العليا والسفلى وتوضع على مستو بالقرب من الطينة ويترب القالب بالرمل ويملؤ بالعجينة ويضغط عليها ضغطا قويا حتى تتوزع فى زواياه ثم يمرر القشابة على سطح العجينة المظروفة فى القالب لتسويتها ثم يرفع القالب ويستمر على هذا المنوال وكلما خلص شئ ينقله الى المنشر بعربية وهذا فى المعامل الكبيرة وأما فى المعامل الصغيرة فيضعه على ألواح من الخشب وتنقله الطوابون الى المنشر

(تجفيف الطوب)

هوان يعين شخص للملاحظة لكى اذا جف وجه القالب قلبه على الاوجه الاخر حتى تصير درجة الجفاف واحدة فى الجميع وهكذا حتى تجف جميع أوجه القوالب ويلزم الاحتراس فى المعامل الكبيرة من حرارة الشمس القوية ومن الاهوية الشديدة والمطر فانه بشدة الشمس أو الهواء تجف أوجه القوالب بسرعة مع بقاء داخلها طريا وبوضعها بهذه المثابة تتفلق ولان المطر يتلفها ويفسد تركيبها فلهذا كان فصل الربيع والخريف أوفق من غيرهما لضرب الطوب وينبغى فى المعامل الكبيرة ان تنصب قوائم فى امتداد المنشر وتغطى بألواح ثم يرص الطوب بعد ان يجف جفافا قليلا على هيئة حيطان بحيث ان لا تمس اسطحته بعضها يعنى ان يترك بين القوالب فراغ لمرور الهواء ثم يترك الزمن اللازم حتى يتم جفافه

(حرق الطوب)

لحرق الطوب طريقتان طريقة القمائن وطريقة الكوش وكلاهما مستعمل فى قطرنا أما طريقة القمائن فهى ان ينتخب محل ممهد قريبا من المنشر ثم يرص الطوب الني على هيئة حيطان ليكون محل ايقاد النار بين الحيطان المذكورة ثم تعقد المسافة الكائنة بين كل حائطين بالطوب الني ، وتكمل الرصة لاجزاء ارتفاع القمينة ولا بد أن تكون الرصة بطريقة وهى ان توضع القوالب تارة متجهة جهة طول القمينة وأخرى جهة العرض بحيث تكون بينها فراغ ينفذ منه اللهب وينتشر فى جميع أجزاء القمينة ويلزم أن تكون المداميك المكونة للسطح الظاهر من القمينة فوق بعضها بحيث لا يكون بينها فراغ يترتب عليه ضياع الحرارة ويلزم أن تكسى أسطح القمينة بطينة الطوب لحفظ الحرارة ثم توضع النار والوقود وتستمر مدة ٣٦ ساعة ويلزم أن تكون النار هاديه فى مبدأ الامر ومتى علم ان الحرارة سرت فى جميع أجزاء الطوب أديم الايقاد مع الانتظام حتى ينحرق الطوب حرقا جيدا فعند ذلك تسد جميع الخروق لتبرد القمينة بالتدريج ومدة الحرق تختلف بحسب كبر القمينة وصغرها

ودرجة نضج الطوب ليست واحدة فيلزم وضع الطوب الجيد النضج فى الاوجه

الظاهرة من الحيطان والغير الجيد يستعمل فى الحمرة وأما الاكسر فيوضع فى حشو البناء وأما المطفل أى المحروق حرقا قليلا فيستعمل مرارا فى الكسوة الظاهرة لسطوح القيعان وأما الطوب الذى أثرت فيه الحرارة تأثيرا زائدا فاكتسى بطبقة زجاجية فيوضع فى الاساسات وبذلك تقل الكمية التالفة من الطوب ويمكن الانتفاع بالحرارة الضائعة بأن يوضع فوق سطح القمينة كمية من الدبش يستخرج منها الجير والمادة المستعملة لحرق الطوب هى التبن والحلفا وحطب الذرة وحطب القطن وغير ذلك وقد استعملوا فى القناطر الخيرية تراب الفحم الحجرى

وأما طريقة الكوش فهى ان تبنى محلات مربعة او مستديرة من الطوب الاحمر والمؤنة تسمى كوشا وهى تمكث مدة طويلة وفى داخلها عيون معقودة يرص عليها الطوب النىء كما تقدم فى الطريقة السابقة وتوقد فيها النار بواسطة أبواب مصنوعة فى حيطانها معدة لذلك والعادة ان توضع الكوش المذكورة داخل التلول لعدم ضياع حرارتها والطوب المحرق بهذه الطريقة اكثر نضجا وانتظاما من الطوب المحرق بواسطة الطريقة السابقة

ويختلف لون الطوب فى أثناء الحريق ويزداد حجمه شيئا فشيئا الى ان يصل الى درجة نصف نضجه فان تجاوز هذا الحد نقص حجمه بالتدريج وان كانت النار قوية جدا يستحيل الى مادة زجاجية

والخواص التى يعرف بها الطوب الجيد هى أولا خلوص صوته عند مصادمته بغيره وثانيا دقة حبوب سطح مكسره بحيث لا يظهر فيه مسام وثالثا عدم تأثره من النار والماء والثلج ورابعا أن يكون لونه أحمر فقط أو أحمر مائلا للسمرة

(فى الجير)

الجير النقى هو مادة بيضاء اللون قلوية الطعم كاوية غير قابلة للذوبان وثقلها النوعى ٣ و ٢ وهى ناتجة عن حرق الدبش

والجير الحى هو قطع الدبش المحرقة قبل اطفائها بالماء فاذا صب عليها الماء استحالت الى مادة ناعمة تسمى بالجير المطفأ

والاجيار التى تحدث عنها بوضع الماء عليها لاجل اطفائها حرارة شديدة وازدياد كبير

فى الجسم تسمى بالاحجار الدسمة ومن خواص تلك الاحجار انه اذا عمل منها عجينة وعرضت للهواء تجف بسبب تصاعد الماء الغير المتحد باجزائها ثم تجمد والاحجار الجيرية المشتملة على ١٠ أو ٣٠ من المواد الغريبة ولا ينشأ عنها عند اطفائها الافوران قليل بحيث يمكن عدم اعتباره تسمى بالاحجار الغير الدسمة ومن هذه الاحجار ما يجمد فى الماء والهواء معا وتسمى بالاحجار المائية وهى تنتج من حرق الاحجار الجيرية التى يدخل فيها جزء من الطين وخاصية انجمادها ناشئة من وجود الرمل باحجارها

والجير المائى العالى هو الجير الذى يشك فى الماء فى ظرف ثلاثة أيام أو أربعة والجير المائى فقط هو ما يشك فى ظرف ستة أيام أو ثمانية والجير المائى الوسط هو ما يشك فى ظرف خمسة عشر يوما أو عشرين ويقال ان الجير شك اذا تحمل ابرة فوقها ثلث ارطال بدون ان يتأثر منها أو اذا دفع فيه بالاصبع بقوة الذراع فلا يتأثر أيضا

(فى عمل الاحجار المائية)

يوجد طريقتان لعمل الجير المائى الطريقة الاولى ان يؤخذ الجير الحى ويوضع فى محل مسقوف خال من الرطوبة ويترك حتى ينطفأ بتشربه رطوبة الهواء ويصير ناعما وبعد ذلك يخلط بكمية من الطين يختلف مقدارها بحسب كثرة دسامة الجير وقلتها ويوضع عليه قليل من الماء ويعجن عجينة كعجينة الطوب تعمل منها قوالب صغيرة تجفف ثم تحرق ثم تسحق وكمية ما يلزم اضافته من الطين عشرون على المائة اذا كان الجير المستعمل كثير الدسامة وخمسة عشر على المائة اذا كان الجير المستعمل أقل دسامة من الاول واذا كانت كمية الطين ٣٣ أو ٤٠ فى المائة فالمادة المتحصلة بعد الحريق لا تذوب فى الماء وتنسحق بسهولة واذا عجنت بالماء تكون منها مادة تجمد بسرعة

الطريقة الثانية ان يحرق الطين وحده ويسحق ويخلط بالجير بالنسب المتقدمة فالعجينة المتحصلة منهما معا تجمد فى الماء الا ان خواصها أقل من خواص العجينة المتقدمة والذى استعمل فى القناطر الخيرية كان نصفه جيرا ونصفه حمرة

(فى عمل الكوش)

الكوش المستعملة بقطرناشكلها اسطوانى أومخروط ناقص معكوس ولكل منهما باب فى أسفله يتوصل اليه بشق يدخل منه الجيار ورص الدبش وفوق هذا الباب من خارج الكوشة عقد أعلاه طاقة فى حائط تلك الكوشة تسمى عينا اليدخل الوقود منها ويصل اليها الانسان المعد لايقاد النار بواسطة شوين مرتفعين عن الارض بجانبي الباب وغالبا تصنع الكوشة داخل التلول لعدم ضياع حرارتها وسرعة الحرق وتبنى بالدبش والمؤنة المعتادة من جهة التل بقدر نصف ذراع وأما الجزء المعرض لحرارة النار وقدره ثلث ذراع فانه يبنى بالطوب والمؤنة المركبة من ملح البارود الاسود والطين بقدر ثلث ذراع ويكسى السطح الداخل من الكوشة بهذه المؤنة ويختلف قطرها الاعلى فى العادة من ثلاثة أذرع الى أربعة وارتفاعها من خمسة أذرع الى ستة والعادة فى رص الاحجار داخل الكوشة ان ترص مداميك موازية لبعضها ولمحيط الكوشة بحيث تكون القطع الصغيرة قريبة من الحائط والقطع الكبيرة متجهة جهة المركز فيتكون عن هذه الاخيرة مسافة فارغة لاشتعال النار وفوق الرصة الاولى توضع رصة أخرى تزيد عن الرصة التى تحتها بقيراط أو بقيراط ونصف لجهة المركز و يوضع بين المسافات الكبيرة الكائنة بين الدبش و بعضه دقشوم لتسوية الرصة ويوضع بين الحائط و رصة الدبش القريبة منه قطع صغيرة من الشقافة تسمى بالرباط وهكذا يستمر على الرص الى ان يصل فى الارتفاع لنصف أو ثلث ذراع فوق السطح الاعلى للعين فعندها يصنع عقد من الدبش فوق المسافة الخالية ثم يستمر على ذلك الى أعلى الكوشة ويلزم ترك مسافات بين أحجار العقد و بعضها لمرور اللهب و بعد انتهاء الرصة يكسى سطح الكوشة بقشرة من الجير أو بالصرفان بحيث يظهر ان السطح العلوى من الكوشة مخروط ناقص وذلك للانتفاع بالحرارة الضائعة ثم توقد النار فى حزم الحطب من الباب الاسفل ثم يسد بالدبش و يرمى الوقود من العين حتى يتم حرق الجير فى مدة ٤٨ ساعة تقريبا

وفى أثناء نضج الجير يتلون بألوان مختلفة فيكون فى مبدأ الامر أسود غامقا أوسنجابيا غامقا يميل الى الزرقة أو الخضرة ثم يتلون بالبياض والغالب أن تكون الاحجار الموجودة فوق سطح الكوشة مسودة لتكاثف غاز الاسيد كربونيك وبخار ماء الجير عليها فى مدة الحرق ومما يدل على انتهاء الحرق حدوث اللون الاحمر الوردى

على

على السطح الاعلى من الكوشة وانخفاض ارتفاع الاحجار الذى يختلف من ⅕ الى ⅙ ومن الكوش ما يسع ٦٠٠ قنطار ومنها ما يسع ١٠٠٠ قنطار والمواد المستعملة للحرق فى قطرنا هى التبن الاسود وحطب الذرة وحطب القطن والعسم والحلفا وما أشبه ذلك

ويوجد نوع ثان من الكوش ذات النار المستمرة وهذا النوع لا يستعمل الا فى البلاد التى يوجد فيها الفحم الحجرى بكثرة كبلاد الانجلتره ولعدم استعمالها بقطرنا تركنا شرحها

(حرق الجير)

المقصود من حرق الجير طرد غاز الاسيد كربونيك وماء المحاجر المتحد به وكلما كانت الاحجار المعرضة للحرق صلبة احتاجت لزيادة زمن وعلو درجة الحرارة فان الرخام والاحجار الرملية بطيئة الحرق عن الاحجار الطباشيرية ويلزم للقطع الكبيرة مدة زائدة عن القطع الصغيرة ويجب دائما ان تكون درجة الحرارة مناسبة لصلابة الاحجار والاحجار التى يستخرج منها الجير المائى يلزم فيها ان لا يتعدى احمرار النار اللون الكريزى وبازدياد درجة حرارة حرقها يحدث عنها أحجار ثقيلة متماسكة ضاربة الى السواد ومكتسبة مادة زجاجية يصعب اطفاؤها فى الغالب واذا عرضت للهواء جملة أيام استحالت الى تراب خشن مر الطعم لا تظهر فيه خواص الجير واما اذا نقصت درجة حرارة حرقها فانها تضعف خواص الجير المتخذ منها وقد دلت التجاريب على ان التيار من بخار الماء يسهل تخليص غاز الاسيد كربونيك ولاجل ان يمس بخار الماء الاحجار استعملوا طرقا منها ان ترص صناديق من الحديد ممتلئة بالماء فى دائر محل الايقاد وفيها منافذ يخرج منها البخار عند حدوثه وينتشر حول الاحجار داخل الكوشة ومما يسهل حرق الجير تجديد الهواء على الدوام لانه ظهر بالتجربة انه اذا حرقت قطعة من الحجر الجيرى داخل آنية مسدودة من جميع جهاتها الا ينشأ عنها مادة جيرية وانما تلين فى مدة الحرق وعند بردها يحصل لها شكل مبلور وتؤول الى مادة رخامية ولو أجريت هذه العملية على الطباشير

ويمكن حرق الاحجار الجيرية فى آنية عميقة قليلة الاتساع مفتوحة من الجهة العليا لكن يترتب على ذلك صعوبة فى العمل وزيادة الحرارة عما اذا كان الحرق فى آنية متسعة قليلة العمق والاحسن ان تكون الآنية مثقوبة من أسفلها لاجل تجديد الهواء على الدوام

(في اطفاء الجير)

لاطفاء الجير ثلاث طرق

الطريقة الاولى ان يترك الجير بعد حرقه معرضا الى الهواء فينطفئ بتشربه رطوبته ويستحيل الى المادة المستعملة في المؤن وهذه الطريقة تستعمل في الاجيار الدسمة وحيث لم يحصل فيها ازدياد حجم الجير كانت المؤنة التي يدخلها الجير المذكور مرتفعة الثمن عن غيرها ويلزم في الطريقة المذكورة ان يكون الجير موضوعا تحت سقائف تحفظه من الامطار والاهوية الكثيرة الرطوبة

الطريقة الثانية ان يرش الماء على الجير رشا قليلا فيستحيل الى المادة المستعملة في المؤن وقبل استعماله بيوم يلزم رش الماء عليه وتقليبه مرارا حتى لا تبقى قطع بدون انطفاء لانها لو خالطت بالمؤنة تنطفئ بعد البناء ويحصل منها ضرر عظيم للبناء والاحسن ان يغطى الجير بطبقة من الرمل ويترك ولا يستعمل الا في السنة الثانية وقد ظهر من التجاريب ان المؤن الداخل فيها الجير المطفأ بهذه الطريقة أحسن من المؤن التي يدخلها الجير المطفأ عند استعماله

الطريقة الثالثة ان يوضع الجير في حوض ويصب عليه كمية الماء اللازمة ثم يقلب الى ان يذوب وتبرد ناره فيصب في حوض آخر ويترك فيه حتى يرسب ويتجمد فيصير مجهزا للاستعمال وهذه الطريقة تستعمل في الاجيار الدسمة ويزداد حجم الجير فيها أكثر من غيرها واذا أريد استعماله رشا في الطلاء فيصير احالته الى مادة مائعة والعادة ان البيض يضع الماء في القعيدة ويرمى فيها قطع الجير واحدة بعد اخرى ثم يقلبها بقطعة من الخشب الى ان تصير مشبعة بالماء ويصبر حتى لا يظهر لها دخان ولا فقاقيع ويسكن المائع ثم يصبه في حوض ويحترس من نزول المادة الراطبة الراسبة في أسفل القعيدة أعني تترك في القعيدة الى ان يزداد حجمها فتنقى من الجير بصب الماء عليها ثم ترمى الى الخارج ويستمر بهذه الكيفية في اطفاء الكمية اللازمة ومتى امتلأ الحوض يغطى بحصر لعدم وقوع التراب على سطح الجير ثم يترك مدة من ثلاثة أيام الى أربعة فيؤول الجير الى مادة دسمة جامدة يقطع منها اللازم بكريك أو فاس والجير المطفأ بهذه الكيفية هو الجير السلطاني

(في الرمل)

الرمل هو مادة متحصلة من تحليل الصخور ويختلف في الشكل والحجم وتركيب

الحبوب

الحبوب ويوجد بشواطئ البحر المالح والانهر والصخور وبين أمواج الاحجار الجيرية وهنالك نوع من الرمل يتحصل من تحليل الصخور والممتزجة بالطين ولونه أحمر أو أصفر أو أسمر والمادة الطينية الداخلة في تركيبه تزيد في بعض الاحيان عن ¾ الحجم الكلي وبذلك يمكن ان يعمل منه مؤنة بدون ان يمزج بالجير ومن خواص الرمل أن يكون مع الجير الدسم مؤنة مائية. واذا حمص الرمل ومزج بالجير الدسم نشأ من ذلك مؤنة صلبة تشك بسرعة وأغلب الرمل ليس به صلابة كافية ويؤل الى مادة ترابية بتقليبه وينقسم الرمل الى رفيع وهو ما كان قطره ٠٫٠٠١م والى ثخين وهو ما كان قطره من ٠٫٠٠١م الى ٠٫٠٠٣م وما فوق هذا يسمى حصى والخواص التي يعرف بها جودة الرمل هي حدوث صوت خفيف يحس بدعكه بين الكفين وهذا لا يحصل في الرمل الترابي ووجد أن رمل الصخور في تركيب المؤن أحسن من الرمل المستخرج من الانهر وأما في الطلاء فرمل الانهر أحسن وتستعمل أنواع الرمال في تركيب المؤن وفي تبليط الطرق ووجد بالتجارب ان الرمال المستخرجة من المالح لا تنشأ عنها مؤنة جيدة لانها تحتاج زمن كبير في العقود والحيطان حتى تجف ولذا لا ينبغي الاستدامة على البناء بها واذا طليت بها الحيطان فبعد زمن قليل ظهر على سطوحها ملح كثير مضر بها

(في الحمرة)

(الحمرة الصناعية) هي المادة الطينية المحرقة المحالة الى مادة ناعمة وهي ناتجة من سحق الشقافة أو الطوب الاحمر وباختلاطها بالجير يحدث مؤنة مائية جيدة واذا حمصت الحمرة مرة ثانية في درجة حرارة عالية وامتزجت بالجير المائي العالي يتكون مؤنة تشك بسرعة وتزيد في الصلابة عما اذا دخلت في المؤنة بدون تحميص واذا كان الجير المستعمل دسما فالاحسن أن تستعمل الحمرة بدون تحميص وعند عدم وجود الشقافة أو الطوب الاحمر تصنع الحمرة بأن تسحق الطينة ثم تحرق فوق رقع من حديد أو يؤخذ من الطين قطع صغيرة وتحرق في أفران معدة لها ولا بد أن تستعمل الطينة الجيدة الموافقة للحمرة ومعرفتها تكون بواسطة التجاريب

(في البوزلانة)

يطلق هذا الاسم على مواد لو خلطت بعد سحقها بالجير نشأ عنها مؤنة تجمد في الماء وهذه المواد توجد غالبا في الجبال الفولكانية محترقة بالنيران الخارجة من جوف هذه

الجبال والبوزلانة طبيعية وصناعية فالطبيعية تتركب فى الغالب من الرمل والالمين واكسيد الحديد والبوتاسا والصودا والحديد وغيرها وهى سمراء تميل الى الحمرة أو الصفرة أو الزرقة خشنة الملمس ذات مسام وأما البوزلانة الصناعية فتصنع بخلط جزء من الجير الدسم بعد احالته الى عجينة كعجينة الطوب بأربعة اجزاء من الطين بعد احالته الى عجينة كذلك وينبغى ان تكون عجينة الخلط فى قناية مستديرة عرضها ٢٠ و٠م ونصف قطر نهايتها البعيدة عن المركز ٦ و١م تتحرك فيها عجلات لاجل سحق مواد الخلط ومزجها ببعضها مزجا تاما وان يوضع الماء على المخلوط بحيث يكون تماسكه كطينة الطوب ثم يصنع منه قوالب وتترك سبعة أيام حتى تجف ثم تحرق فى كوش أو قمائن مدة من ٣٠ الى ٤٠ ساعة ثم تسحق وتحفظ للاستعمال

(فى القصرمل)

القصرمل هو مادة ناشئة عن حرق التبن أو الحلفاء وغيرهما بالافران أو الحمامات أو الكوش ونحو ذلك ولون القصرمل المعتاد السواد حين يكون نقيا وان كان مغشوشا فلونه ترابى والمؤنة الداخل هو فيها تكون قليلة الصلابة بعد جفافها وتتساقط بأدنى قوة ولاجل معرفة جودة القصرمل يوضع جزء منه فى الماء فان لم يرسب منه شئ كان جيدا وان رسب منه شئ كان غير جيد أى ممزوجا بالاتربة وقلة المراحيض المجففة ولا بد من أن يحترس من ادخال هذا النوع الاخير فى المؤنة لانه يضر بالمبانى فيؤل أمرها الى الهدم فى مدة قليلة ولانه أيضا يستوجب كثرة المصاريف بسبب ازدياد كمية الجير وينشأ عنه طبقة ملحية تضر بالطلاء والاحسن أن يغربل القصرمل حتى يصير نقيا خاليا عن الحصى والزلط والمواد النباتية الغير المحترقة

(فى الجص)

الجص يوجد فى الطبيعة على أشكال مختلفة فتارة يكون على هيئة العدسة وتارة على شكل بلورات شفافة أو غير شفافة مائلة للاصفرار وثقله النوعى ٣١ و٢ ويوجد دائما فى أعلى طبقات الارض التى هو بها وله استعمال فى العمارات لانه يشك بسرعة وقت امتزاجه بالماء ويكون مؤنة نافعة فى ارتباط اجزاء المبانى ولا يستعمل الا بعد حرقه وسحقه وحرقه يكون فى كوش شكلها عقد يرص فوقه قطع الجص ولا بد أن

تكون

تكون النار هادئة منتظمة. وان تستمر العملية مدة من ثمانية الى عشر ساعات ويعرف نضجه بتعلقه بالاصابع وحيث ان الجص له ائتلاف بالماء فيجب حفظه بتبعيده عنه وعن الرطوبة والاهوية ولا يحضر منه الا ما هو لازم للعملية فى ظرف يوم واحد

والجص البارد هو الذى أثرت فيه الرطوبة واذا عمل منه أكرة وضربت فى حائط ونحوه تفتت بسهولة وأما الجص الحامى فانه يكون قوى القوام صلب الاكر وقد دلت التجاريب على ان الجص كلما مكث فى البناء معرضا للحوادث الجوية كلما ازداد حجمه وتناقصت جودة خواصه بخلاف مؤنة الجير فانها كلما مكثت فى البناء جفت وتناقص حجمها وازدادت متانة والجص يوجد فى ناحية حلوان وناحية بياض بالقرب من بنى سويف وفى جهات أخر بقطرنا

(فى الخرسانة)

الخرسانة هى مادة مركبة من مؤنة وقطع من الحجر ضلع كل منها يكون من قيراط الى قيراطين أو من مؤنة وزلط أو مؤنة وطوب أو شقافة أو غير ذلك ومتى كانت ذات امتزاج تام كانت ذات صلابة وتماسك وتجمد بسرعة فى الماء ولمعرفة مقدار كمية المؤنة اللازم خلطها يؤخذ اناء معلوم الحجم ويملأ بقطع الاحجار أو الزلط ثم يصب عليه الماء حتى يعلو على سطح تلك القطع فحجم الماء يكون عبارة عن مجموع أحجام الاخلية الصغيرة الكائنة بين تلك القطع فحينئذ يدل هذا الحجم تقريبا على المقدار الذى يلزم اضافته من المؤنة لمزج الحجم الكلى للقطع ثم ان القناطر الخيرية أسست على خرسانة مركبة النصف من المؤنة والنصف دقشوم

وكيفية المزج أن تؤخذ كمية من الدقشوم حجمها = ١ م٣ مثلا ثم تنشر فى الملطم حتى يتكون عنها طبقة يوضع عليها المقدار المناسب من المؤنة ثم تقلب من جميع جهاتها بجرافة لها سلاح من حديد بينه وبين النصاب زاوية حادة بقرب انفراجها من الزاوية القائمة ولا ينقطع التقليب الا اذا شوهد تمام المزج

وفى بعض الاحيان يستعمل للمزج براميل فى داخلها مسامير من الحديد معدة لمزج المادة ببعضها والخرسانة ان كانت كثيرة اللين بطأ شكها وصارت قليلة الصلابة وان

كانت يابسة تشققت وتفلقت فى الماء وازدياد كمية الجير يطئ شكها

(فى صناعة المؤن)

المؤن تتكون على العموم من خلط الجير بالرمل أو بالحمرة أو بالبوزلان أو بالقصرمل أو بالطين أو بالجص ونحو ذلك ومعرفة المقادير اللازمة من كل منها بالنسبة للآخر لا تعرف الا بواسطة التجاريب واذا أريد عمل مؤنة من الجير والرمل أو من الجير والحمرة يؤخذ النصف من الجير والنصف من الرمل أو النصف جير والنصف حمرة

وحجم الجير اللازم يقدر بحجم الماء الداخل بين الاخلية الكائنة بين حبوب الرمل المعلوم الحجم وتجربة ذلك تعلم مما سبق فى الخرسانة

والمؤن نوعان مائية وهوائية فالمائية تحصل من خلط الاحجار الدسمة بالحمرة او البوزلانة واذا خلط بها جزء من الرمل حدث مؤنة وان كانت بطيئة الشك تصير صلبة بعد مدة يسيرة وهى أوفر من غيرها فى المصاريف

واذا خلطت الاحجار المائية الدسمة بالرمل حدث عنها مؤنة صلبة واذا عرضت للهواء ازدادت صلابتها واذا أضيف على هذا المخلوط جزء من الحمرة حدثت مؤنة مائية وان كانت الاحجار دسمة لزم لتكوين المؤنة جزآن أو جزآن ونصف من الرمل وجزء واحد من الجير المطفأ الخالى الى عجينة يابسة ويلزم بالنسبة للحمرة ان لا تزيد زنة الجير قبل طفئه عن خمس الحمرة ويجب ان يوضع على المؤنة كمية من الماء بحيث تقرب العجينة بعد التقليب من القوام اليابس بحيث لا تجف من حرارة الشمس ولا من الاحجار الملتصقة بها ولاجتناب هذا الضرر يلزم ان تغطى المؤنة لحفظها من تأثير الحرارة ورش الاحجار قبل وضعها فى البناء

وقد يستعمل لمزج المؤنة عدة آلات فان كان المطلوب كمية صغيرة من المؤنة كمؤنة المنازل فيكون المزج بأيادى الشغالة بالفؤس والجواريف وان كانت العمارة كالسرايات والقناطر وما شابهها من العمارات المحتاجة لكثير من المؤن فيكون المزج بآلات تدورها الخيول أو غيرها

ولا بد فى جميع العمليات من أن يكون حجم المؤنة بعد الخلط أقل من الاجزاء المركبة لها وهذا النقصان يختلف باختلاف الانواع ولا يمكن تعيينه الا بالتجربة وقد يختلف

الثقل

الثقل النوعي باختلاف المواد الداخلة في التركيب لاختلاف زمن حدوثها وقدمها وهو منحصر بين ٢٦ و١ و ٠٣ و٢

ويستعمل في اقليم مصر نوع من المؤنة مركب من الطين والقصرمل والجير بمقدار كل منها الثلث في المخلوط وكيفية المزج أن يوضع مقدار من الطين ثم يوضع عليه الجير ثم يوضع على هذين المقدارين مقدار القصرمل فيتكون ما يعرف بالكسرة الاولى ثم يوضع فوق هذه الكسرة كسرة ثانية وثالثة وهكذا على حسب ما يراد ثم يوضع الماء على جزء من المواد المذكورة ويقلب بواسطة الجرارة بحيث يكون الجزء من المواد الثلاثة معا وذلك لاجل امتزاجها مع بعضها وتتكون مؤنة لينها كلين طينة الطوب ولا بدّ أن يكون بين ما جهز وما لم يجهز من المؤنة محل خال لوضع الماء فيه وقد يجهز الملطم قبل استعماله بيوم فاذا آن وقت الاستعمال لزم رش جزء من الماء على الملطم لاجل تليينه وسهولة استعماله ويجب على المازج نظافة الملطم مما يوجد فيه من الزلط والطوب ونحوهما

وأما المباني المجعولة في الحال الرطبة كالجدران والارصفة والسواقي والصهاريج وأقصاب المراحيض والمساطب الارضية ونحو ذلك فالمستعمل فيها مؤنة مركبة من جير وطين والغالب أن يكون النصف جيرا والنصف طينا

والآلات المستعملة لتجهيز الملطم هي مقاطف لتشال المواد وتحضير الكسرات وفاس وغربال من سلوك من حديد وجرارة وكريك من حديد وقوارب

(في الخافقي)

الخافقي هو مؤنة مائية مركبة من جزء من الجير الدسم وجزء من الحمرة منخولين وجزء من الزلط الذي قطره من ٢ الى ٥ مليميتر بشرط أن تكون هذه الاجزاء ممزوجة ببعضها امتزاجا تاما مع كمية الماء المناسبة وهذه المؤنة تستعمل في طلاء حيطان الصهاريج والمراحيض وحيضان المياه ولاجل الطلاء بها يلزم أولا تنقير جزء من المؤنة الموجودة في لحامات الطوب الاحمر بسمك مقداره من ١ الى ٢ سنتيمتر بواسطة القدوم هذا ان كان سطح الحائط مكحولا ثم يطلى سطح الحائط المذكور بهذه المؤنة بواسطة المحارة ويدلكها بها دلكا جيدا مدة يومين ويعرف انتهاء عملية الدلك متى اسودّ لون المتادة المذكورة وظهر سطحها منه مجامصقولا ثم يترك الحائط مدة أسبوعين حتى

تجف المؤنة فعند ذلك يطلى سطحها بالزيت الحار

(مؤنة مانعة من سريان الماء والرطوبة والغازات من جدر الحائط لاعلاها)

هذه المؤنة تتركب من جزء من القطران وآخر من الزفت وثلاثة أجزاء من الرمل الرفيع ممزوجة ببعضها امتزاجا تاما بحيث يتكون منها مادة لزجة وهذه المؤنة يبنى بها مدماك أو اثنان بأعلى الجدار المعرض للمياه أو الرطوبة كجدار الحيطان التى بتر توارات سكك الحديد ثم يطلى السطح الافقى الاعلى للمدماك المذكور بطبقة ارتفاعها من ٠٠٠١٠ م الى ٠٠٠١٥ م من تلك المؤنة ثم يبنى فوقه الحائط بالمؤنة المعتادة فبذلك لا تصعد المياه ولا الرطوبة مطلقا فى مسام الحائط المذكور ولا تنتشر من الارض غازات ولا روائح كريهة بأعلى الحائط

(فى عرض الاساس)

عرض الاساس تارة يكون ضعف عرض الحائط التى تبنى فوقه وتارة يكون مرة ونصفا وان هذا العرض يزيد وينقص بحسب ارتفاع ما يبنى فوقه وبحسب صلابة الارض وثقل البناء والعادة أن يجعل موزعا فى جهتى الحائط بشرط ان محور الحائط يسقط أفقيا على محور الاساس وانما اللازم أن يكون عرض الاساس موزعا فى جهتى الحائط بالنسبة لنقطة وقوع القوة المحصلة لجميع القوى المؤثرة فى الاساس وبالنسبة للارض بحسب قبولها للانضغاط وعدمه

ومتى كانت الحيطان ساندة أتربة أو عقودا أو مياها كان الاساس ممتدا جهة الخارج أزيد من الداخل والاحسن أن يكون كله فى الخارج

(فى بناء الحيطان)

تبنى الحيطان بالحجر النحت أو بالدبش أو بالطوب أو بالخرسانة أو بالطوف والحيطان اما ان تكون حيطان الاسوار التى لا تحمل الا ثقلها أو حيطان الارصفة المعرضة لتدافع الاتربة أو حيطان السدود المعرضة لتدافع المياه أو الحيطان الواقع عليها ثقل السقوف أو الجلونات أو العقود أو حيطان الحواجز

(فى بناء الحيطان بالحجر النحت)

كيفية بناء الحيطان بالحجر النحت ثلاثة أنواع (الاول) أن يكون جميعها داخلا وخارجا مبنيا من الحجر النحت (الثانى) أن تكون الكسوة من الحجر النحت وباقى

سمك الحائط من مواد أخرى (الثالث) أن تكون الزوايا والسفل والعقود من الحجر النحت والباقى من مواد أخر

والمدماك هو كل صف أفقى من الاحجار مرتصة بجوار بعضها وعرموس الحجر هو سطوح الالتحامات الرأسية للحجر أوجانبيه وروم الحجر هو ارتفاع الحجر الداخل فى المدماك

ولاجل توطن الحائط وزيادة الصلابة يجب أن لاتتقابل العراميس ببعضها ويلزم أيضا ان يكون روم الاحجار المركبة للمدماك الواحد واحدا وأن تكون رؤس الزوايا الداخلة والخارجة أى النواصى خالية عن اللحامات وكان القدماء يصقلون سطوح الالتحامات صقلا جيدا حتى تكاد تنعدم ويظهر للرائى أن الحائط حجر واحد مع استعمالهم أحجارا عظيمة الحجم فان كانت الاحجار المستعملة صغيرة الحجم ربطوها ببعضها بواسطة زوانات أود واسر من حديد مثبتة فى سطوح الاحجار وفى جوانبها وبهذه الكيفية كانت جميع أجزاء الحائط مرتبطة ببعضها ارتباطا كليا بحيث تظهر كالقطعة الواحدة

وأن يكون ارتكاز الاحجار فوق طبقات غير سميكة من المؤنة فانه عند جفاف المؤنة يقل ارتفاعها وتبقى الاحجار مستندة على القطع الدقشوم التى لاتحمل ضغط البنيان ويحصل تكسر فى الاحجار وتخلخل فى البنيان والطريقة المستعملة الآن فى بناء الحيطان بالحجر النحت هى أن يبدأ أولا بتسوية وبناء السطح المعدّ لوضع أول مدماك المعروف بمدماك الوزنة بحيث انه يكون أفقيا ثم يوضع فوقه حجران فى مستوى الحائط متباعدان عن بعضهما بمسافة يثبت فيهما خيط البنا ثم توضع بينهما الاحجار بجوار بعضها على استقامة الخيط ثم توزن بواسطة الثقل والقدة أوميزان البناء واذا وجدت الاحجار مائلة لزم تقويتها بقطع من الدقشوم حتى تصير فى مستوى الحائط وقد تزحزح الاحجار بواسطة العتلة أو المسطرين حتى تصير فى مستوى الحائط ثم تلحم الاحجار بأن يؤخذ لبابة من الجبس وتوضع فى النهاية العليا للعرموس بشرط أن محل الاحجار لايتغير ثم تجرى عملية السبك وهى أن تملأ جميع اللحامات بالجبس أو المؤنة المركبة من الجير والحمرة فاذا كان السطح الأعلى للمدماك مستويا لزم أن يؤخذ جزء من العجينة المرققة ويطلى بها سطح المدماك المذكور وأما ان كان غير مستو فاما أن يزال

الزائد حتى يصير السطح مستويا واما أن يصنع مايعرف بقبقبة المدماك أعنى يساوى سطح المدماك بواسطة قطع من الدقشوم والمؤنة ثم يمسح فوقها بالعجينة الباني ثم ترص المداميك الاخر بهذه المثابة الى انتهاء البناء ولابدأن يكون طول الاحجار مناسبا لارتفاعها والمستعمل أن يكون طول الحجر ضعف رومه ولابدمن أن يكون مقدار روم الحجر كمقدار عرضه

وقد يتعلق رص الاحجار فى الحيطان الحجارى بعظمة هذه الاحجار وبسمك الحائط فان كانت الاحجار متساوية وعرضهامسا واسمك الحائط كانت أحسن ويلزم أن العراميس الموجودة فى أى مدماك تتقابل مع أحجار المدماك الثانى فى منتصفها وفى العمارات المهمة يجب ربط الاحجار النحت ببعضها بواسطة زوانات من الحديد وقد تثبت أوتاد من حديد فى مدماكين أوثلاثة وهذه الطريقة تستعمل فى بناء المبنى فى البحور الواقع عليها تدافع كبير وان كانت الحائط محجرة من جهة واحدة وباقيها بالبنيان يهتم فى جعل سطح الحائط غير المكسى بالحجر موزونا فى جميع جهاته ومستويا وقد توضع أخشاب طويلة من مسافة الى أخرى فى امتداد الحائط تسمى بالميدة وتثبت بالجبس او بالمؤنة وفائدتها ربط اجزاء البنيان ببعضها وزيادة الصلابة بشرط أن تكون الاخشاب المذكورة جافة لا يعتريها التسويس ولاتتأثر من الحوادث الجوية ولا تتلف من رطوبة البنيان وتلك الميدلا تستعمل الافى المبانى القليلة الاهمية

(فى بناء الحيطان بالدبش)

فى بناء الحيطان بالدبش يلزم أن تكون النواصى والاربطة والسفل وزوايا الشبابيك والابواب والعقود من الحجر النحت والاربطة هى أحزمة أفقية ورأسية مصنوعة من الحجر النحت تعمل فى استقامة الاعتاب ان كانت الاربطة أفقية واماان كانت الاربطة رأسية فتكون مقابلة لحواجز حيطان الواجهة أوفى المحال المرتكزة عليها الاعتاب ويلزم أن تبنى بحيث يظهر منها رونق وزينة فى منظر البنيان ومن ضمن الاربطة الافقية الطبانات والكرانيش فالطبان هو المدماك الاخير الذى ينتهى به السفل الحجارى والكرنيش هو المدماك الذى ينتهى به الحائط

وفائدة

وفائدة الكرنيش ابعاد ماء المطر عن وجه الحائط وفى قطر مصر يندر استعمال الاربطة ويستعمل بدلها المدد بأن توضع فى سطح الحائط على ابعاد متساوية بحيث يكون البعد بين كل مددتين متواليتين كبيرا أو صغيرا على حسب سمك الحائط وارتفاعها وجنس المواد ويجب أن تكون مربوعات الاسقف مرتكزة نهاياتها على المدد وأن تكون مبدا الحواجز معشقة فى مبدحائط الوجه

وطريقة بناء الحيطان بالدبش هى انه بعد انتهاء الاساس يوضع فى نهايتى الحائط أربع دبشات على مؤنة ويشد عليها خيط البناء ثم توضع المؤنة فى عرض الحائط ويرص فوقها الدبش بحيث لايخرج عن استقامة الخيط ثم تملأ الاخلية الكائنة بين الدبش بالمؤنة والدقشوم ويدق عليه بالمسطرين حتى يتوطن ويلزم أن يكون ارتفاع المدماك واحدا وسطحه الاعلى مستوأفقيا ويجب على البناء استعمال ميزانه عند ارتفاع الحائط بحيث لايخرج عن الاتجاه العمودى أو الميل المعلوم وان يربط الدبش ببعضه فى كل مدماك بواسطة دبش نجالى طويل يمتد فى جميع عرض الحائط وان يبنى مدماكا من الدبش وآخر من الطوب أو اثنين من الدبش واثنين من الطوب

(فى بناء الحيطان بالطوب الاحمر)

البناء بالطوب الاحمر أتم صلابة من البناء بالدبش ويختار البناء بالطوب المذكور لعدة أسباب أولها انه يظهر عنه منظر منتظم وسهل النقل من الارض لارتفاع جسيم كارتفاع المداخن والمآذن وغيرها وثانيها ان البناية يكون بدون مشقة بسبب انتظامه بواسطة القوالب وثالثها ان بناء الطوب لايتأثر من الحوادث الجوية ولا من النار ولا يرشح الماء ورابعها انه يتحد بالمؤنة اتحادا كليا ويجب عند استعمال الآجر ان ينظف من سائر الاوساخ ولابد من بله بالماء عند البناء به كى لا يتشرب ماء المؤنة ويعدمها القوة ويلزم أن يرش بالماء بعد البناء ويدق على الطوب بعد وضعه فى المؤنة بالمسطرين حتى يتوطن وكيفية ارتباط الطوب ببعضه فى الحائط يتعلق بسمك الحائط ويلزم أن تكون لحامات المدماك الاعلى ليست على استقامة لحامات المدماك الذى أسفله

(فى بناء الحيطان بالخرسانة)

البناء بالخرسانة يحتاج الامر اليه عند عدم وجود الطوب أو الدبش أو الحجر الآلة أو عند ارادة الوفر اذا كان ثمن هذه المواد أقل من غيره وطريقة البنيان بهذه

المادة أن يعمل صندوق عرضه مناسب لعرض الحائط وارتفاعه مينر تقريبا ثم يبنى مدماكان أو ثلاثة من الطوب ليتكون سفل الحائط ثم توضع المؤنة مع الزلط طبقة بعد طبقة ارتفاع كل منها ٢٠/١٠ سنتيمترة تقريبا ثم يدق على كل طبقة بالمدقات ثم يستمر على ذلك الى ارتفاع الصندوق ثم يبنى جزء من الطوب قدره مدماكان أو ثلاثة ثم يحل الصندوق ويوضع فى جزء آخر من الحائط ويستمر على ذلك الى أن يتم بناء الحائط المطلوب

وقد يعمل السطح الظاهر للحائط من الداخل والخارج مكسوا بالطوب الاحمر وأوسط الحائط مملوأ بالخرسانة وحينئذ يجب عند العمل أن يبنى أولا مدماك المحيط ثم توضع الخرسانة داخله وقد شوهد أن المبنى المصنوع بهذه الكيفية اذا كان متقنا اكتسب بعد مضى مدة يسيرة صلابة تقرب من صلابة الحجر والحائط يظهر انه قطعة واحدة

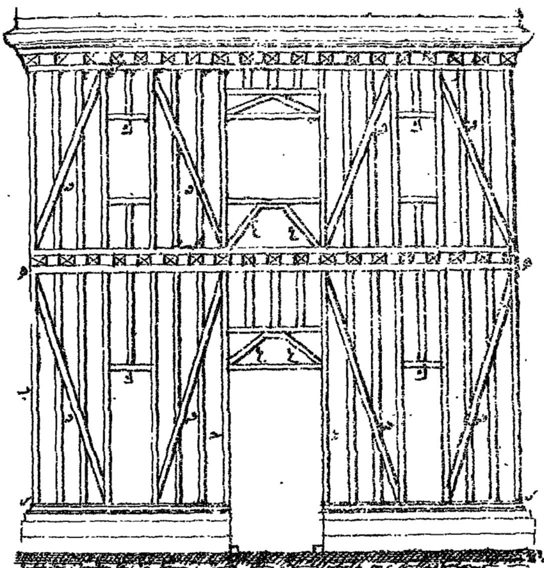
(فى بناء الحيطان بالطوف أى بالطين)

يمكن أن تستعمل الطريقة المتقدمة فى البنيان بالطوف لكن يجب أن تكون الطينة المستعملة جيدة كالطين المستعمل فى ضرب الطوب وان تخلط بالتبن خلطا قويا ويلزم أن يكون الاساس مبنيا من الدبش أو الطوب الاحمر وممتدا فوق سطح الارض بمقدار ثلاثة مداميك أو أربعة وفوق ذلك يبنى الطوف كما يبنى بالخرسانة بواسطة الصندوق مع دك الطبقات فى أثناء العمل أولا فأولا ثم يوضع فوق النهاية العليا رفرف مصنوع من مادة لا تؤثر فيها الامطار وقد يوضع هذا الرفرف بشرط أن يمنع ماء المطر عن سطح الحائط وان تعمل الزوايا من الدبش أو الطوب الاحمر ويوضع ميد من الخشب الجاف وهذا النوع والنوع المتقدم نافعان فى المبانى القليلة الاهمية التى لا تتحمل أثقالا عظيمة وبهما يمكن البنيان بغاية السرعة ولا يحتاجان لكثير من المصاريف وقد يزداد زمن مكث البنيان بالطوف اذا طليت سطوحه الظاهرة بمؤنة مركبة من جزء من الجير المحال الى عجينة وأربعة أجزاء من الطين بشرط أن يمزج بهذه الاجزاء كمية كافية من ساس الكتان أو المشاق المقطع أجزاء صغيرة

(فى كيفية عمل الخشاشيب)

قد تعمل خشاشيب تسمى بالبغدادلى بدل البناء بالدبش أو بالطوب أو بالحجر وهذه الطريقة كثيرة الاستعمال فى البلاد الموجود بها أخشاب بكثرة وقد تستعمل فى غيرها وان احتاجت لكثير من المصاريف لخفتها وسرعة تشغيلها وهى مضرة لعدم مقاومتها للحوادث

الحوادث الجوية كغيرها ولكونها عرضة للاحتراق
واستعمالها يكون فى حيطان المنازل المطلة على الحيشان والحيطان المستندة على
الموردات وحيطان التفاصيل داخل المنازل وتتركب من قطع أخشاب رأسية
متباعدة عن بعضها بمسافات موافقة مثبتة بقطع أخرى بعضها أفقى وبعضها مائل ويملأ
ما بينهما من الاخلية بالبنيان المصنوع من الطوب الاحمر حتى لا يبقى فيها منافذ سوى
الابواب والشبابيك والمناور ومتى كانت التخاشيب مصنوعة فى الدور الارضى فلعدم
تأثرها من الرطوبة يلزم أن تكون مرتكزة على سفل مبنى من الطوب الاحمر أو الدبش
ارتفاعه متر تقريبا توضع على سطحه خشبة أفقية تسمى مدادة رمزها ر تعشق
فيها الاخشاب الرأسية المسماة قوائم رمزها ب وح وى ويطلق اسم الحلق على أخشاب
القوائم والافقيات المحددة للابواب والشبابيك وقد تعشق جميع القوائم فى نهاياتها
العليا فى قطعة الخشب الافقية المسماة مدادة الرأس المرموز لها بالحرف ه
ولاجل زيادة توطن التخشيبة وعدم تخلخلها وانزلاقها من محل التعشيق تعشق بين
القوائم فى القطع الافقية قطع أخشاب مائلة رمزها ى تسمى كوابيل ثم تملأ
المسافة الخالية المنحصرة بين كل كابول والقطع الرأسية والافقية بقوائم أخرى صغيرة
مشطورة من الجهة المتكئة على الكابول وقد تعشق فى القوائم المحددة للفتحات
قطع أفقية رمزها ك تسمى أعتاب الابواب وتملأ المسافة المتخلفة بينها وبين مدادة
الرأس ه بقوائم صغيرة تسمى علف واذا كانت الفتحة متسعة ويخشى على المدادة
من الثقل الواقع عليها توضع الكوابيل المبينة بالحرف ع وفى الغالب أن تكون
المدادة الارضية جلسة الشبابيك فى الدور الارضى وأما فى باقى الادوار فتعشق قوائم
الحلق بقطع أخشاب أفقية لتكوين جلسات الشبابيك المذكورة ولاجل زيادة
الصلابة يلزم أن تكون جملة التخاشيب المركبة للادوار مرتبطة ببعضها ارتباطا كليا
وانما يتاتى ذلك اذا كانت قوائم الزوايا قطعة واحدة ذات ارتفاع كاف بحيث تصل
الى أعلى دور حتى تتعشق بها جميع المدادات الافقية فان كانت التخشيبة حاملة
أسقفا وجب أن تكون مربوعات السقف مرتكزة على مدادة الرأس لاول تخشيبة



واما المدادة الارضية للتخشيبة التالية فترتكز على هذه المربوعات وفى تخاشيب الحواجز لاتستعمل المدادة الارضية لكونها يجب قطعها فى محل الابواب فتقل قوة التخشيبة وانما تثبت القوائم فى مدادة الرأس فى التخشيبة الاولى وباقى القوائم الصغيرة تثبت امافى المدادة المذكورة أو فى مدادة صغيرة قريبة من المدادة الرأسية المذكورة

ولاجل تماسك قطع الاخشاب ببعضها يجب أن تربط المدادات ببعضها بأحزمة من حديد ربطاتامابواسطة برم وتربط أيضا المدادات بقوائم الشبابيك وبأعتابها وكذلك يربط محل تعاشيق المدادة ان لم يكن كل منها قطعة واحدة وكذلك

تخاشيب

تخاشيب الوجه وتخاشيب الحواجز فانها تربط أيضا ببعضها فى عدة نقط من نقطها
وعندما تكون التخشيبة متصلة بحائط بناء يجب زيادة عن سبك أطراف القطع
الاصلية فى الحائط ربط تلك الاطراف بعينها بالبناء بواسطة قطع من حديد وقد تملأ
الاخلية الكائنة بين أخشاب التخاشيب بالبنيان والاحسن أن يدق فى السطوح
الداخلة للاخشاب مسامير صغيرة لربط البناء بالتخشيبة ثم بعد ذلك تملأ الاخلية
بالمؤنة والطوب الاحمر أو بالجبس وأخيرا تطلى بالبياض وفى هذه الحالة يقال
للتخاشيب حيطان سوسى
وقد يكتفى فى حيطان الحواجز كما هى العادة الجارية فى قطر مصر بعمل التخاشيب
بدون حشو أى البناء بأن تسمر قطع صغيرة من الالواح تسمى البغدادلى فى القوائم ثم
يطلى فوقها بمؤنة الجير أو الجبس ودق السكان
والعادة أن يختار لقوائم الزاوية فى الدور الارضى قطع أخشاب ضلع قطعها يختلف
من ٢١ و٠ الى ٣٢ و٠م ويختار للدادات قطع أخشاب ضلع قطعها يختلف
من ١٨ و٠ الى ١٢ و٠م ويختار للكوابيل وقوائم الحلق ولما بين الكوابيل
والدادات قطع الاخشاب التى ضلع قطعها يختلف من ١٨ و٠م الى ٢١ و٠م
وأما فى القطع الداخلة فى التخاشيب مثل الاعتاب والعلف والقطع المعشقة فى
الكوابيل والدادات فيختار من قطع الاخشاب التى ضلع قطعها يختلف من ١٦ و٠م
الى ١٨ و٠م ويمكن فى الدور الاخير تنقيص ابعاد هذه القطع وأما تخاشيب
الحواجز التى لم تحمل أسقفا فيكفى فيها نصف هذه الابعاد

(فى تعيين سمك الحيطان)

(فى تعيين سمك حيطان الاسوار)

لايجاد سمك حائط سور منفرد سواء كان فى شواطئ البحار أو فى وسط القرى يقال
من المعلوم ان السور يتحمل بثقله فقط و بالضغط الافقى الواقع عليه من الرياح القوية
فاذا رمزنا بالحرف ع لارتفاع السور الذى عادة يكون معلوما وبالحرف ق
لمحصلة جميع القوى الافقية لتيارات الهواء المؤثرة على سطح متر مربع من سطح السور
وبالحرف م لثقل المتر المكعب من مواد بناء السور وبالحرف س لسمك السور
المجهول يتعين سمك السور من هذا القانون

$$س = \sqrt{\frac{ع\, ق}{م}} \qquad (١)$$

وقد وجد بالتجاريب ان مقدار ق = ١٤٤ كيلوجرام فى شواطئ البحار على سطح ميتر مربع

و ق = ١٠٠ كيلوجرام فى وسط القرى على سطح ميتر مربع

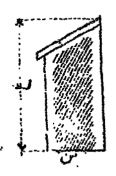
فاذا فرض أن م = ٢٠٠٠ كيلوجرام بناء متوسطا

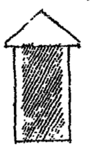
ووضعنا المقادير المذكورة فى القانون (١) يؤل الى

س = ٠٫٢٧ √ع فى شاطئ البحار و

س = ٠٫٢٢ √ع فى وسط القرى

وفى بعض الاحيان يكون المقدار الناتج من قانون (١) كبيرا فاذا صار تنقيص السمك فيعطى للسور متانة بواسطة بناء أربطة رأسية بعدها عن بعضها يختلف من ٥ الى ٧ م وبروزها عن مستوى السور من ٠٫٧٥ الى ١٫٥ وهذه صورة أشكال الاسوار

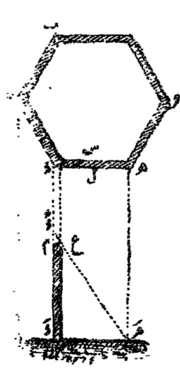


وعلى مقتضى التجاريب التى عملها المهندس رونديله سمك حيطان الاسوار يختلف من $\frac{1}{8}$ الى $\frac{1}{12}$ من ارتفاع السور

واذا كان ارتفاع السور ءَ ءَ معلوما وشكله ا ب ح ء ه و مسدسا منتظما يمكن معرفة سمكه س بطريقة رسمية وهى أن يرسم مثلث قائم الزاوية هَ ءَ ءَ

قاعدته هَ ءَ ضلع الشكل وارتفاعه ءَ ءً ارتفاع السور المعلوم ثم يؤخذ على وتره بعد ءَ عَ = $\frac{1}{8}$ أو $\frac{1}{9}$ أو $\frac{1}{10}$ أو $\frac{1}{11}$ أو $\frac{1}{12}$ الارتفاع المذكور ثم يرسم من نقطة عَ مستقيم أفقي عَ م فيكون هو سمك الحائط المطلوب



ويمكن أن يستخرج مقدار السمك س بالحساب من هذا القانون

$$س = \frac{ع}{١٢} \times \frac{ل}{\sqrt{ع^٢ + ل^٢}}$$

الذي فيه حرف ع رمز للارتفاع وحرف ل قاعدة الشكل واذا كان الشكل ذا اثني عشر ضلعا فيحسب السمك كما تقدم وأما اذا كان البنيان مستديرا فيحسب السمك بهذا القانون

$$س = \frac{هـ}{٩} \times \frac{\frac{نق}{٢}}{\sqrt{\left(\frac{نق^٢}{٢}\right) + هـ^٢}}$$

الذي فيه حرف هـ رمز لارتفاع السور ونق نصف القطر

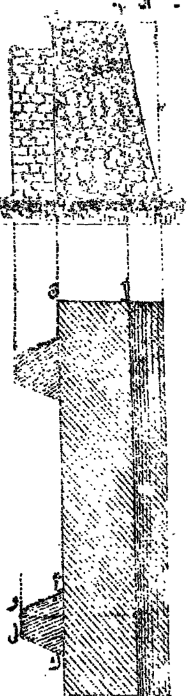
مثلا اذا فرضنا ان قطر المبنى ٣٨ و٦٤ م وارتفاعه ٣١ و٧ يكون السمك س = ٧٤٦ و٠ م

(في سمك حيطان المساند)

(في سمك الحيطان المساندة للأتربة)

حيث كانت هذه الحيطان تستعمل لسند الاتربة يجب أن نعمل لها سمكا كافية بحيث تقاوم تدافع الاتربة حتى لا يمكن تزحزحها ولا سقوطها ولنشرح الطريقتين السالوكتين في ذلك احداهما طريقة المهندس دوبان المستعملة فيما اذا كانت

الحيطان ساندة أتربة كما هي العادة في الاستحكامات وهي أن يجعل الحائط من أعلى سمك معلوم مقداره عادة يكون ١ ب = ٦٢٤و١ م ثم يجعل الوجه الظاهر ١ و مائلا بمقدار ١/٥ الارتفاع الكلي ثم يجعل الوجه المتكئ عليه الاتربة د ب رأسيا ثم يحسب سمك الحائط س من أسفل بهذا القانون



س = ٦٢٤و١م + ٢و ه

الذي فيه ه رمز لارتفاع الحائط ثم تسند الحائط بمساند من البنيان متباعدة المحاور بمقدار يختلف من ٨و٤م الى ٦م ويكون بعد

ع ك = ٣و١م + ١/٥ (ه − ٢٥و٣)

وبعد

ع و = ١م + ١/١١ (ه − ٢٥و٣)

وبعد

ل و = ٦٥و٠ + ١/١٥ (ه − ٢٥و٣)

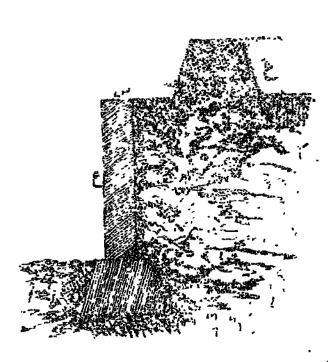
وهذه المقادير هي المستعملة متى كان ارتفاع الحائط منحصرا بين ٢٥و٣م و ٩٨و٢٥ وقد جعل بعض المهندسين الوجه الظاهري في كثير من العمليات مائلا بمقدار يختلف من ١/٤ الى ١/٦ الارتفاع

فاذا كان الارتفاع أقل من عشرة أمتار فيكون سمك الحائط بموجب الطريقة المتقدمة زيادة عما تستلزمه المقاومة اللازمة وقد يكون عكس ذلك متى زاد الارتفاع عن ١٠ م

(الطريقة الثانية)

وهي طريقة المهندس بونسله ولنشرحها فنقول اذا فرض ان س سمك الحائط المعتبر وجهاها رأسيين وأن ع ارتفاعها

من



من ابتداء القاعدة وان عَ ارتفاع الاتربة الزائدة الموضوعة فوق المستوى الاعلى للحائط وان ل تمام الزاوية الكائنة مابين ميل الاتربة والافق و مَ ثقل المتر المكعب من الاتربة و م ثقل المتر المكعب من البنيان وان ب عرض المسافة الكائنة مابين نهاية الحائط والاتربة الزائدة فيكون القانون العمومى الذى ينتج منه السمك اللازم جعله للحائط بين النهايات عَ = ٠ و عَ = ع و ب = ٠ و ب = ٢ و ٠ × ع هو

سه = ٠،٦٨٥ (ع + عَ) ظا ½ ل √(مَ/م) (١)

والحيطان التى يحسب سمكها بواسطة القانون (١) المذكور بفرض ان وجوهها رأسية يصدر عنها مقاومة عين المقاومة التى تحدث من حيطان لامساندلها محسوبة السمك بالطريقة الاولى عندما يكون الارتفاع ١٠م فاذا فرض ان ظا ل = ١ و مَ/م = ٢/٣ يعنى ان الاتربة والبنيان فى حالة متوسطة فالقانون (١) المذكور يؤل الى

سه = ٠،٢٨٥ (ع + عَ)

وهذان القانونان يستعملان فى النهايات من عَ = ٠ الى عَ = ٢ ع

ويمكن معرفة سمك الحائط سه بواسطة الجدول الآتى مع اختلاف أنواع الاتربة ومواد البنيان واعتبار ارتفاع الاتربة الزائدة اكبر من المستعمل عادة سواء كانت المسافة ب موجودة أو غير موجودة وهذا السمك محسوب فى الجدول بكسور الارتفاع الكلى للحائط الرأسى فى حالة الدوران بحيث يكون للحائط توطن مثل توطن الحائط المبنية على موجب طريقة المهندس دوبان فى حالة ما اذا كان ارتفاع الحائط ١٠ م

هـ	مقادير س اذا كان م/م = ١ و ف = ١٫٦ واما ب فهي تارة		مقادير س اذا كان م/م = ١ و ف = ١٫٤ بالنسبة الى ب		مقادير س اذا كان م/م = ٠٫٥ و ف = ١ واما ب فهي تارة		[illegible]	مقادير س اذا كان م/م = ٥/٣ و ف = ١٫٦ واما ب فهي تارة		مقادير س اذا كان م/م = ٥/٣ و ف = ١٫٤ واما ب فهي تارة	
	ب = ٠	ب = ٢٫٠ هـ	ب = ٠	ب = ٢٫٠ هـ	ب = ٠	ب = ٢٫٠ هـ		ب = ٠	ب = ٢٫٠ هـ	ب = ٠	ب = ٢٫٠ هـ
٠٫٠	٠٫٤٥٩	٠٫٤٥٢	٠٫٢٥٨	٠٫٢٥٢	٠٫٢٧٠	٠٫٢٧٠	٠٫٢٧٠	٠٫٣٥٠	٠٫٣٥٠	٠٫١٩٨	٠٫١٩٨
٠٫١	٠٫٤٩٨	٠٫٥٠٧	٠٫٢٨٢	٠٫٢٩٠	٠٫٣٠٢	٠٫٣٠٦	٠٫٣٠٣	٠٫٣٩٣	٠٫٣٩٨	٠٫٢٢٢	٠٫٢٢٩
٠٫٢	٠٫٥٤٨	٠٫٥٦٣	٠٫٣٠٩	٠٫٣٢٦	٠٫٣٣٦	٠٫٣٤٢	٠٫٣٣٦	٠٫٤٤٩	٠٫٤٤٥	٠٫٢٤٩	٠٫٢٦٢
٠٫٣	٠٫٦٠٤	٠٫٦١٨	٠٫٣٣٨	٠٫٣٦١	٠٫٣٦٨	٠٫٣٧٥	٠٫٣٤٣	٠٫٤٨٥	٠٫٤٨٩	٠٫٢٧٤	٠٫٢٨٧
٠٫٤	٠٫٦٦٥	٠٫٦٧٠	٠٫٣٦٩	٠٫٣٩٤	٠٫٣٩٩	٠٫٤٠٥	٠٫٣٥٧	٠٫٥٢٢	٠٫٥٢٢	٠٫٣٠٣	٠٫٢٩٩
٠٫٥	٠٫٦٢٦	٠٫٧١٧	٠٫٤٠٢	٠٫٤٢٣	٠٫٤٣٦	٠٫٤٣١	٠٫٣٦٨	٠٫٥٧٩	٠٫٥٤٩	٠٫٣٢٢	٠٫٣١٤
٠٫٦	٠٫٧٧٨	٠٫٧٥٤	٠٫٤٣٦	٠٫٤٥٠	٠٫٤٧٧	٠٫٤٩٧	٠٫٣٧٧	٠٫٦١٧	٠٫٥٧٢	٠٫٣٦٠	٠٫٣٢٨
٠٫٧	٠٫٨٢٤	٠٫٧٩٠	٠٫٤٧٢	٠٫٤٧٦	٠٫٥١٢	٠٫٤٨١	٠٫٣٨٥	٠٫٦٤٥	٠٫٥٥٣	٠٫٣٨٧	٠٫٣٤٣
٠٫٨	٠٫٨٦٧	٠٫٨٢٠	٠٫٥١٠	٠٫٥٠١	٠٫٥٤٤	٠٫٥٠٤	٠٫٣٩١	٠٫٦٦٨	٠٫٦١٠	٠٫٤١٣	٠٫٣٥٧
٠٫٩	٠٫٩٠٣	٠٫٨٤٨	٠٫٥٤١	٠٫٥٢٤	٠٫٥٧٥	٠٫٥٢٣	٠٫٣٩٨	٠٫٦٩٠	٠٫٦٢٤	٠٫٤٢٧	٠٫٣٧١
١٫٠	٠٫٩٣٠	٠٫٨٧٣	٠٫٥٧١	٠٫٥٤٦	٠٫٦٠٥	٠٫٥٤٠	٠٫٤٠٥	٠٫٧٠٧	٠٫٦٣٦	٠٫٤٥٧	٠٫٣٨٤
١٫٢	٠٫٨٨٣	٠٫٩١٦	٠٫٦٣٢	٠٫٥٨٦	٠٫٦٥٤	٠٫٥٧٤	٠٫٤١١	٠٫٧٤٧	٠٫٦٥٥	٠٫٤٦٨	٠٫٤١٠
١٫٤	١٫٠٢٣	٠٫٩٤٥	٠٫٦٨٤	٠٫٦٢٤	٠٫٦٩٦	٠٫٦٠٢	٠٫٤١٦	٠٫٧٦٢	٠٫٦٧٣	٠٫٥٣٧	٠٫٤٢٨
١٫٦	١٫٠٥٦	٠٫٩٧٠	٠٫٧٣٠	٠٫٦٥٨	٠٫٧٣٤	٠٫٦٢٢	٠٫٤٢٠	٠٫٧٨٠	٠٫٦٨٥	٠٫٥٦٦	٠٫٤٤٥
١٫٨	١٫٠٨٤	٠٫٩٩٠	٠٫٧٧٢	٠٫٦٩٠	٠٫٧٦٩	٠٫٦٤٠	٠٫٤٢٣	٠٫٧٩٧	٠٫٦٩٧	٠٫٥٩٤	٠٫٤٦١
٢٫٠	١٫١٨٠	١٫٠٠٤	٠٫٨١٢	٠٫٧١٤	٠٫٧٩٥	٠٫٦٥٥	٠٫٤٢٥	٠٫٨١١	٠٫٧٠٥	٠٫٦٢٢	٠٫٤٧٥
٢٫٥	١٫١٥١	١٫٠٤٧	٠٫٩٠٢	٠٫٧٧٨	٠٫٨٤٨	٠٫٦٩٠	٠٫٤٢١	٠٫٨٢٣	٠٫٧٢٢	٠٫٦٨٠	٠٫٥٠٦

[illegible]	مقادير س اذا كان م'/م = ١ و ف = ٢ر٠ وأما ب فهي تارة		مقادير س اذا كان م'/م = ١ و ف = ٤ر١ بالنسبة الى ب		مقادير س اذا كان م'/م = ٥ر١ و ف = ١ وأما ب فهي تارة		[illegible]	مقادير س اذا كان م'/م = ٥/٣ و ف = ٢ر٠ وأما ب فهي تارة		مقادير س اذا كان م'/م = ٥/٣ و ف = ٤ر١ وأما ب فهي تارة	
	ب = ٠	ب = ٢ر٠ ه	ب = ٠	ب = ٢ر٠ ه	ب = ٠	ب = ٢ر٠ ه		ب = ٠	ب = ٢ر٠ ه	ب = ٠	ب = ٢ر٠ ه
٠ر٣٠	١ر١٨١	١ر٠٦٠	٠ر٩٨١	٠ر٨٣٥	٠ر٨٩٢	٠ر٧١٧	٠ر٤٣٥	٠ر٨٥٢	٠ر٧٣١	٠ر٧٢٦	٠ر٥٣١
٠ر٣٥	١ر٢٠٣	١ر٠٧٤	١ر٠٤٧	٠ر٨٨٣	٠ر٩٢١	٠ر٧٣٨	٠ر٤٣٨	٠ر٨٦٢	٠ر٧٣٧	٠ر٧٦٥	٠ر٥٥١
٠ر٤٠	١ر٢٢٢	١ر٠٨٤	١ر١٠٥	٠ر٩٣٦	٠ر٩٥٧	٠ر٧٥٥	٠ر٤٤٢	٠ر٨٧٢	٠ر٧٤٢	٠ر٨٠٠	٠ر٥٦٨
٠ر٤٥	١ر٢٣٧	١ر٠٩٣	١ر١٥٨	٠ر٩٦٢	٠ر٩٨١	٠ر٧٦٨	٠ر٤٤٤	٠ر٨٧٨	٠ر٧٤٧	٠ر٨٣٣	٠ر٥٨٣
٠ر٥٠	١ر٢٤٧	١ر١٠١	١ر٢٠٦	٠ر٩٩٤	١ر٠٠٢	٠ر٧٩٢	٠ر٤٤٥	٠ر٨٨٣	٠ر٧٥١	٠ر٨٦٢	٠ر٥٩٦
٠ر٥٥	١ر٢٥٤	١ر١٠٩	١ر٢٥٠	١ر٠٢١	١ر٠١٩	٠ر٧٨٨	٠ر٤٤٧	٠ر٨٨٦	٠ر٧٥٦	٠ر٨٨٥	٠ر٦٠٧
٠ر٦٠	١ر٢٥٩	١ر١١٦	١ر٢٩٠	١ر٠٤٧	١ر٠٣٤	٠ر٧٩٦	٠ر٤٤٨	٠ر٨٩١	٠ر٧٥٩	٠ر٩٠٣	٠ر٦١٧
٠ر٧٠	١ر٢٦٩	١ر١٢٢	١ر٣٥٧	١ر٠٨٧	١ر٠٥٩	٠ر٨١١	٠ر٤٤٩	٠ر٨٩٨	٠ر٧٦٤	٠ر٩٤١	٠ر٦٣٣
٠ر٨٠	١ر٢٧٦	١ر١٢٨	١ر٤١٥	١ر١٢١	١ر٠٧٩	٠ر٨٢٣	٠ر٤٥١	٠ر٩٠٣	٠ر٧٦٨	٠ر٩٦٨	٠ر٦٤٦
٩	١ر٢٨٠	١ر١٣٣	١ر٤٦٠	١ر١٥٣	١ر٠٩٥	٠ر٨٣٠	٠ر٤٥٢	٠ر٩٠٦	٠ر٧٧٠	٠ر٩٩٢	٠ر٦٥٧
١٠	١ر٢٨٣	١ر١٣٧	١ر٥٠٨	١ر١٨٢	١ر١٠٩	٠ر٨٣٩	٠ر٤٥٦	٠ر٩٠٩	٠ر٧٧١	١ر٠١٣	٠ر٦٦٧
١٥	١ر٢٩٨	١ر١٥٠	١ر٦٦٢	١ر٢٧١	١ر١٤٩	٠ر٨٦٤	٠ر٤٥٥	٠ر٩١٧	٠ر٧٧٧	١ر٠٨٨	٠ر٦٩٦
٢٠	١ر٣٠٩	١ر١٥٦	١ر٧٥٧	١ر٣٢٧	١ر١٧١	٠ر٨٧٨	٠ر٤٥٦	٠ر٩٢٢	٠ر٧٨٠	١ر١٢٩	٠ر٧١٢
٢٥	١ر٣١٢	١ر١٦٠	١ر٨٢٦	١ر٣٦٣	١ر١٨٠	٠ر٨٨٧	٠ر٤٥٧	٠ر٩٢٤	٠ر٧٨٢	١ر١٤٦	٠ر٧٢٣
٣٠	١ر٣١٦	١ر٢٦٢	١ر٨٦٦	١ر٣٨٩	١ر١٩٤	٠ر٨٩٤	٠ر٤٥٨	٠ر٩٣٠	٠ر٧٨٣	١ر١٧٤	٠ر٧٣٠
[illegible]	١ر٣٣٧	١ر١٧٦	٢ر١٤٤	١ر٥٤١	١ر٢٤٣	٠ر٩٢٧	٠ر٤٦١	٠ر٩٣٤	٠ر٧٨٩	١ر٢٧٩	٠ر٧٦٩
.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

وفى هذا الجدول تدل الحروف سه و ع و عَ و م و مَ على الاجزاء الداخلة فى القوانين المتقدمة بدون اختلاف وأما حرف ف فهو رمز ظل زاوية ل ويختلف مقداره من ٦ و. الى ٤ و١ على حسب جنس الاتربة

ولاجل استعمال هذا الجدول يبحث بالتجربة عن الزاوية ل أعنى مقدار الميل الطبيعى للاتربة اللازم اسنادها على الافق وعن ثقل الميترالمكعب من الاتربة المذكورة مَ وعن ثقل المترالمكعب م من البنيان المستعمل ثم يختار مقادير سه المقابلة الى مَ/م و ف و عَ/ع المقاربة جدا للمقادير التى وجدت ولنمثل لك بمثالين فنقول

(المثال الاول)

اذا فرض أن ثقل الميترالمكعب من الاتربة مَ = ١٣٥٠ كيلوجرام وان ارتفاع الاتربة الزائدة عَ = ٣م وان ثقل الميترالمكعب من البنيان م = ٢٢٥٠ كيلوجرام وان مقدار ف = ٦ و. وارتفاع الرصيف ع = ٥ م فما مقدار سمك الرصيف

جواب ذلك ان يقال ان مَ/م = ٥/٣ ومن الجدول يستخرج سه = ٦١٧ و. وبضرب هذا المقدار فى الارتفاع ٥ م يحدث

سه = ٠٨٥ و٣ م

(المثال الثانى)

المطلوب ايجاد سمك حائط رصيف ارتفاعه ٧ م وثقل الميترالمكعب من الاتربة ١٥٠٠ كيلوجرام وثقل الميترالمكعب من البنيان ٢٢٥٠ كيلوجرام وظل زاوية ل = ف = ١

جواب ذلك أن يقال حيث ان عَ = ٠ فيكون عَ/ع = ٠ و مَ/م = ٥٠ و١ ثم نبحث فى الجدول فى خانة سه التى فيها مقدار مَ/م = ٥٠ و١ و ف = ١ مقابلة لمقدار عَ/ع = ٠ عن مقدار السمك المقابل الى عَ/ع = ٠ فنجد

سه = ٢٧ و. وبضربه فى الارتفاع المعلوم ٧ يحدث

سه = ٢٧ و. × ٧ = ٨٩ و١ م

فاذا

فاذا اختلفت مقادير ف و $\frac{\text{م}}{\text{مَ}}$ عن الموجودة فى الجدول جعل مقدار سَ مناسبا للقادير الموجودة بالجدول التى تقرب من الاعداد المعلومة

واذا كان الوجه الظاهر للحائط مائلا والوجه المقابل له المتكئ عليه الاتربة رأسيا يحسب السمك س فى قاعدة الحائط بهذا القانون

$$\text{س} = \text{ه}\sqrt{\frac{\text{٦ر٠} \times \text{م طا}^{\text{٢}}\ \tfrac{\text{١}}{\text{٢}}\text{ل}\ (\text{ع} + \text{عَ})^{\text{٣}}}{\text{٣ ع مَ}}} + \tfrac{\text{١}}{\text{٣}}\ \text{ه}^{\text{٢}}$$

والحروف ع و عَ و م ومَ ول رمز للاجزاء كما فى المعادلات الماضية وأما حرف ه فهو رمز لميل الوجه الظاهر

(فى سمك الحيطان الساندة للمياه)*

اذا كان المطلوب تعيين سمك الحائط س الساند للمياه الذى يفرض ان ارتفاعه ع معلوم وان ارتفاع الماء ر المستند عليه معلوم كذلك نفرض ان م ثقل المتر المكعب من الماء وان مَ ثقل المتر المكعب من البنيان ونفرض ان ے معامل الثبات الذى ينحصر مقداره ما بين عددى ٢ و٩ لحدوث اكبر المقاومات فيكون القانون الذى يحسب به السمك س هو

$$\text{س} = \text{ر}\sqrt{\frac{\text{ر م ے}}{\text{٣ ع مَ}}} \qquad (\text{١})$$

فاذا فرض فى قانون (١) ان ر = ع وم = ١٠٠٠ كيلوجرام ومَ = ٢٠٠٠ كيلوجرام وان ے = ٢ فيكون السمك س = ر $\sqrt{\tfrac{\text{١}}{\text{٣}}}$ (١)

ولنذكر ثلاث مسائل للايضاح فنقول

(المسألة الاولى)

ما مقدار سمك رصيف ارتفاعه ٨ م وارتفاع الماء المستند عليه ٨ م كذلك وثقل المتر المكعب من الماء المستند عليه ١٠٠٠ كيلوجرام وثقل المتر المكعب من بناء الرصيف ٢٠٠٠ كيلو ومعامل الثبات ے = ٢

جواب ذلك ان نضع المقادير المفروضة فى قانون (١) نجد

س = ٤،٠٥٦ م

ويمكن معرفة سمك السدود المصنوعة من البنيان التى أوجهها رأسية المعدة لحجز المياه لارتفاع معلوم بهذا القانون

$$س = ٠،٨٦٥ (ع - عَ) \sqrt{\frac{١٠٠٠}{مَ}} \qquad (٢)$$

الذى فيه ع رمز لارتفاع السد , عَ لما بقى من السد فوق سطح الماء , مَ ثقل المتر المكعب من البنيان

(المسألة الثانية)

ما مقدار سمك سد أوجهه رأسية معد لحجز المياه ارتفاعه ٤ م مبنى من مواد ثقل المتر المكعب منها ٢٢٠٠ كيلو والماء منحط عن نهاية السد من أعلى بقدر ٠،٥٠ م

جواب ذلك ان نضع فى قانون (٢) عوضا عن الحروف المقادير المفروضة فيؤل الى

$$س = ٠،٨٦٥ (٤ - ٠،٥٠٠م) \sqrt{\frac{١٠٠٠}{٢٢٠٠}} = ٢،٠٤ م$$

واما سمك حيطان المساند المصنوعة من الدبش بدون مؤنة فيساوى خمسة أرباع سمك الحيطان المعتادة المحسوبة بالطرق المتقدمة

(المسألة الثالثة)

المطلوب ايجاد سمك حائط ارتفاعه ٣ م مصنوع من الدبش فقط بدون مؤنة ومعد لسند كومة من التراب ارتفاعها ٣ م عين ارتفاع الحائط المذكور

جواب ذلك يقال حيث ان ع = ٣ م وعَ = ٣ م يكون $\frac{عَ}{ع} = ١$ فاذا فرض ان ثقل المتر المكعب من الاتربة يساوى ثقل المتر المكعب من الدبش يكون $\frac{مَ}{م} = ١$ واذا فرض ان ف = ٠،٦ يستخرج من الجدول المتقدم السمك المطلوب جعله لحائط معتاد باعتبار ان ب = ٠ س = ٠،٩٣

وحينئذ يكون سمك الحائط المطلوب المصنوع من الدبش

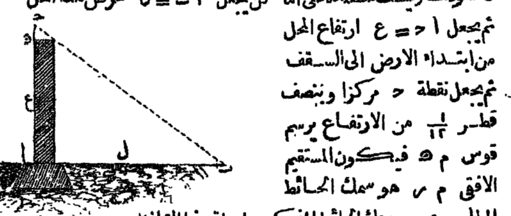
$$س = ٠،٩٣ \times ٣ \times \frac{٥}{٤} = ٣،٤٩ م$$

*(فى

(فى سمك حيطان المنازل)

قد استدل المهندس روندلية بكثير من التجاريب التى أجراها على أجناس كثيرة من الاماكن على جملة قوانين يسهل بواسطتها حساب السمك المطلوب جعله لحيطان الاماكن بحيث تقاوم تأثير القوى المختلفة المؤثرة فيها ولنذكرها فنقول

اذا كان المحل بسقف واحد كعنابر التشغيل فى الورش والزوايا المعدة للعبادة التى لا عقود لها وليست مستندة على أماكن يجعل ا ب = ل عرض هذا المحل ثم يجعل ا ح = ع ارتفاع المحل من ابتداء الارض الى السقف ثم يجعل نقطة ح مركزا وبنصف قطر $\frac{1}{12}$ من الارتفاع يرسم قوس م ه فيكون المستقيم الافقى م ر هو سمك الحائط المطلوب ويحسب سمك الحائط المذكور بواسطة هذا القانون

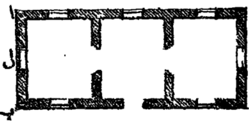


$$س = \frac{ع}{١٢} \times \frac{ل}{\sqrt{ل^2 + ع^2}}$$

وأما اذا كانت حيطان هذه الاماكن مستندة على حيطان أماكن مجاورة لها أقل منها فى الارتفاع فيجعل ا ح = ع + عَ أى الارتفاع الكلى زائدا فرق الارتفاعين وحساب السمك يحسب بهذا القانون

$$س = \frac{ع + عَ}{٢٤} \times \frac{ل}{\sqrt{ل^2 + (ع + عَ)^2}}$$

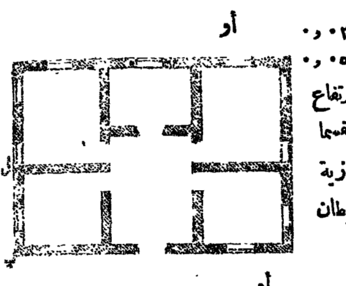
(فى سمك حيطان وجوه الاماكن)



تعيين سمك حيطان وجوه الاماكن التى لم تكن مستندة من جهة الطرق فى كامل ارتفاعها لا يعتبر فيه الا عرض المكان وارتفاعه

فاذا كان المكان بسيطا أى ذا محال شاملة لجميع العرض ا ب = ل يتعين سمك حيطان الوجوه بهذا القانون

$$س = \frac{٢ ل + ع}{٤٨} + ٠,٠٢٥ \text{ أو } ٠,٠٥٦$$



الذى فيه الحرف ع رمز للارتفاع وأما اذا كان المكان مركبا أى منقسما من جهة عرضه بحواجز موازية لحائط الوجهة فيتعين سمك حيطان الوجوه بهذا القانون

$$س = \frac{ل + ع}{٤٨} + ٠,٠٢٥ \text{ أو } ٠,٠٥٤$$

(فى سمك حيطان الحواجز)

لاجل معرفة سمك حيطان الحواجز يضاف الى الطول ب المراد قسمته ارتفاع كل دور عَ ثم يقسم المجموع على ٣٦ ثم يضاف لخارج القسمة عدد الادوار ه والقانون الذى يتعين به السمك المذكور هو

$$س = \frac{ب + عَ}{٣٦} + ه \times ٠,٠١٣ \text{ أو } ٠,٠٢٥$$

(فى سمك الحيطان السويسى والبغدادلى)

اذا أريد عمل تخاشيب سويسيه بدل الحيطان المعتادة يعمل سمكها نصف السمك اللازم جعله للحيطان فاذا كانت هذه التخاشيب غير حاملة سقوفا كفى لها ربع السمك المذكور

(فى المقاييس)

(فى الميتر)

الميتر هو وحـدة الاطوال والمقاييس منسوبة اليه الآن وهو يساوى جزأ واحدا من عشرة ملايين من ربع محيط دائرة نصـف النهار المحيطة فـرضـا بالارض ومقـداره ٣ أقدام و ٢٩٦ و ١١ خطا

ومضعفات الميتر هى الديكاميتر والايكتوميتر والـكيلوميتر والميرياميتر فأما الديكاميتر فمعناه عشرة أمتار والايكتوميتر معناه مائة ميـتر والـكيلوميتر معناه ألف ميتر والميرياميتر معناه عشرة آلاف ميتر

وأقسام الميتر هى الديسيمتر والسنتيمتر والمليمتر فالديسيمتر معناه عشر الميتر والسنتيمتر معناه عشر عشر الميتر والمليمتر معناه عشر عشر عشر الميتر

(فى مقياس السطوح)

السطوح تقاس بالميتر المربـع والميتر المربـع يساوى مائة ديسيمتر مربـع والديسيمتر المربـع يساوى مائة سنتيمتر مربـع والسـنتيمتر المربـع يساوى مائة مليـمتر مربـع وتقاس السـطوح بالآر وهو مربـع ضـلعه عشرة أمتار ويساوى مائة ميـتر مربـع أو بالاكتار وهو = مائة آر = ١٠٠٠٠ م² وتقاس السطوح بالذراع المعمارى المربـع وهو يساوى ٠,٥٦٢٥ م² والذراع المعمـارى يساوى ٠,٧٥ م وتقاس الغيطان بالقصبة المربعة وهى تساوى ١٢,٦٠٢٥ م² والقصـبة طولها = ٣,٥٥ م والفـدان يساوى ٣٣٣ و ٣٣٣ قصـبة مربعة وكل ثلاثة أفدنة تساوى ألف قصبة والفدان = ٤٢٠٠,٨٣٣٣ م²

(فى مقياس الجسمـات)

الجسمـات تقاس بالميتر المكعب وهو يساوى ألف ديسيمتر مكعب والديسيمتر المكعب يساوى ألف سنتيمتر مكعب والسنتيمتر المكعب يساوى ألف مليمتر مكعب والميتر المكعب يسـاوى مليونا من السنتيمتر المكعب وقد تقاس الجسمـات بالذراع المعمارى المكعب وهو يساوى ٠,٤٢١٨ م³ والميتر المكعب يساوى ٣٧ و ٢ من الذراع المعمـارى المكعب وتقاس الجسور والترع بالقصـبة المكعبة وهى تساوى ٤٤,٧٣٨٨ م³

(في مقارنة بعض المقاييس بالميتر)

يستعمل في بر مصر لقياس الاقمشة الذراع البلدي	= ٠٫٥٧٨ ميتر
ذراع النيل	= ٠٫٥٤٢
الذراع القديم المسمى بالذراع الانتيكى	= ٠٫٥٢٥٩
المنداسة	= ٠٫٦٤٧
الذراع الاسلامبولي	= ٠٫٦٧
الذراع المعماري	= ٠٫٧٥
الباع	= ١٫٨٩٥
الميل الهاشمي = ١٠٠٠ ذراع معماري	= ٧٥٠٫٠٠٠
الفرسخ = ٣ أميال هاشمية	= ٢٢٥٠٫٠٠٠
البريد = ٤ فراسخ	= ٩٠٠٠٫٠٠٠
القدم الفرنساوي	= ٠٫٣٢٤٧
القدم الانكليزي	= ٠٫٣٠٤٧
القدم النمساوي	= ٠٫٣١٦
قدم الروسيا	= ٠٫٣٥٤١
قدم الصين	= ٠٫٣٢٠٠
القدم العثماني	= ٠٫٣٧٩
الياردة	= ٠٫٩١٤١
طول محيط الدائرة الجانبية الارضية	= ٤٠٠٠٠٠٠٠٫
طول الدرجة الارضية = ٢٥ فرسخا بريا و	= ١١١١١١٫١١١١
الفرسخ البري	= ٤٤٤٤٫٤٤٤٤
الميل البري	= ١٤٨١٫٤٨١٤
الدرجة الارضية = ٢٠ فرسخا بحريا	
والفرسخ البحري	= ٥٥٥٥٫٥٥٥٥
الميل البحري	= ١٨٥١٫٨٥١٨

(في المكاييل)

الحبوب تقدر بالاردب وهو ينقسم الى ستة ويبات والويبة تساوي كيلتين والكيلة تساوي

تساوى ربعين والربع يساوى ملوتين والملوة تساوى قدحين فالاردب يساوى ستة وتسعين قدحا والقدح ينقسم الى نصف وربع وبمقارنة الاردب واجزائه بالمتر المكعب وباللتر يكون

		م٣		ليتر
الاردب	=	٠,١٨٢٦٥م	=	١٨٢,٦٥٣٦٩
الويبه	=	٠,٠٣٠٤٤	=	٣٠,٤٤٢٢٨
الكيلة	=	٠,٠١٥٢٢	=	١٥,٢٢١١٤
الربع	=	٠,٠٠٧٦١	=	٧,٦١٠٥٧
الملوة	=	٠,٠٠٣٨٠	=	٣,٨٠٥٢٨
القدح	=	٠,٠٠١٩٠	=	١,٩٠٢٦٤

والمتر المكعب يساوى ١٥ قربة ماء باتفاق جمعية تقسيم المياه بالمحروسة وامتداد القربة هو

ميتر مكعب	طول	عرض	سمك
٠,٠٦٦٦٦	٠,٤١٥٦	٠,٤	٠,٤

ويستعمل فى بر مصر الكيل بالرطل الصفيح لتقدير المائعات بدل الوزن بالصنج والرطل عبارة عن ملء اسطوانة من الصفيح امتدادها

ميتر مكعب	قطرها	ارتفاعها
٠,٠٠٠٤٨٦	٠,٠٧٥	٠,١١

وملء هذه الاسطوانة من الزيت يكافئ رطلا واحدا والرطل يساوى ١٢ أوقية والاوقية = ١٢ درهما ويستعمل لاجزاء الرطل اسطوانات مقدار حجمها ١ أو ٢ أو ٣ أو ٤ أو ٦ أوقيات

ومقادير ابعاد هذه الاسطوانات تستخرج بهذا القانون

$$ع = ٩٩ و ٤٢٣ نق^٣$$

المفروض فيه ان حرف ع رمز لحجم الاسطوانة و نق رمز لنصف قطرها وان ارتفاعها عادة يجعلونه قدر نصف قطرها ثلاث مرات

(مثال ذلك)

اذا كان المراد انشاء نصف رطل صفيح لكيل الزيت يقال ان حجم

$\frac{1}{2}$ الرطل = ٠٠٠٢٤٣و٠م^{3} وبوضعنا هذا المقدار فى القانون المذكور نجد
٠٠٠٢٤٣و٠م^{3} = ٩٫٤٢٣ نق^{3} أو
نق = ٠٢٩٥و٠م
وحينئذ يكون قطر اسطوانة نصف رطل الزيت المراد انشاؤه يساوى ٠٥٩و٠م
وارتفاعها ٠٨٨٥و٠م وقس على ذلك

(فى الموازين)

(فى الجرام)

الجرام هو ثقل سنتيمتر مكعب من الماء المقطر فى درجة حرارة أربعة بالتيرمومتر المائينى وعند الفرنساوية يستعمل وحدة للموازين
ومضعفاته هى الديكاجرام أى عشرة جرامات والهيكتوجرام أى مائة جرام والكيلو جرام أى ألف جرام وأقسامه هى الديسيجرام أى عشر الجرام والسنتيجرام أى عشر عشر الجرام والمليجرام أى عشر عشر عشر الجرام وكل مائة كيلو جرام يقال له القنطار الميترى وكل ألف كيلو جرام تعادل طونيلاته وتعادل ثقل ميتر مكعب من الماء المقطر فى الدرجة المذكورة
والموازين القديمة عندهم هى

القنطار	=	١٠٠	رطل
الرطل	=	١٦	أوقية
والاوقية	=	٨	دراهم
والدرهم	=	٧٢	حبة

وبمقارنة الموازين المذكورة بالجرام يكون

الرطل	=	٤٨٩٥و٠	كيلوجرام
والاوقية	=	٣٠٫٥	جرام
والدرهم	=	٣٫٨٢	جرام
والحبة	=	٠٥٣و٠	جرام

رطل		كيلوجرام
٢٫٠٤٢٩	=	١

(فى مقارنة الموازين المصرية بالجرام)

		جرام
القمحة أو الحبة	=	٠٤٨٨٢و٠

القيراط

جرام

القيراط = ٤ حبات = ٠٫١٩٥٣١

الدرهم المصري = ١٦ قيراطا = ٣٫١٢٥

المثقال = درهما ونصفا = ٢٤ قيراطا = ٤٫٦٨٧٥

الاوقية = ١٢ درهما = ٣٧٫٥٠٠

الرطل = ١٤٤ درهما = ١٢ أوقية = ٤٥٠٫٠٠

القنطار = ١٠٠ رطل = ٣٦ أقة = ٤٥٠٠٠ = ٤٥ كيلوجرام

الاقه = ٤٠٠ درهم = ١٢٥٠ = ١٫٢٥ كيلوجرام

القنطار الاسكندراني = ١١٢ أقه = ١٤٠ كيلوجرام

(في الاثقال النوعية)

اعلم انه اذا غمر جسم في مائع لا يخلو من ثلاث حالات الاولى أن يكون ثقل المائع المحذوف أقل من ثقل الجسم وفي هذه الحالة ينغمر الجسم ويكون في قاع آنية المائع الحالة الثانية أن يكون ثقل المائع مساويا لثقل الجسم المغمور وفي هذه الحالة يكون الجسم معلقا في جوف المائع الحالة الثالثة أن يكون ثقل المائع المحذوف أكبر من ثقل الجسم وفي هذه الحالة يكون الجسم فوق سطح المائع طافيا مع غمر جزء منه في المائع وفي هذه الحالة يكون ثقل حجم المائع المحذوف يساوي ثقل الجسم بتمامه والثقل النوعي لجسم هو النسبة الكائنة بين ثقل هذا الجسم وبين ثقل حجم الماء المساوي لحجم الجسم المذكور وذلك بالنسبة للماء المقطر في درجة ٤ + .

فاذا رمزنا بحرف ث لثقل جسم حجمه ح وبحرف ثَ لثقل الماء الذي حجمه ح وبحرف ع للثقل النوعي للجسم فيكون

ع = ث / ثَ

وحيث ان الثقل النوعي لجسم هو ثقل وحدة حجم هذا الجسم فبناء عليه يكون ثقل الجسم مبينا بهذا القانون ث = ح × ع

فاذا اعتبر الحجم في هذا القانون بالسنتيمتر المكعب يكون ثقل الجسم المتحصل جرامات واذا اعتبر الحجم بالديسيمتر المكعب يكون الثقل المتحصل كيلوجرامات واذا اعتبر الحجم بالامتار المكعبة يعتبر الثقل بمعيار الكيلوجرامات وأما الثقل النوعي الداخل

فى القانون المذكور فهو كمية ثابتة لا تتغير بأى اعتبار من الاعتبارات المتقدمة ولنمثل لذلك بأمثلة ستة فنقول

(المسألة الاولى)

قطعة من معدن تزن فى الهواء ٧٫٢٣٤ جرامات وفى الماء ٤٫٥٢٣ جرامات والمطلوب معرفة الثقل النوعى للقطعة المذكورة

جواب ذلك أن يقال ان

ثقل القطعة فى الهواء = ٧٫٢٣٤ جرام

ثقل القطعة فى الماء = ٤٫٥٢٣ فيكون

باقى

ثقل الماء المحذوف = ٢٫٧١١

وحينئذ يكون الثقل النوعى للقطعة = $\frac{٧٫٢٣٤}{٢٫٧١١}$ = ٢٫٦٦

(المسألة الثانية)

اذا كان المطلوب معرفة الثقل النوعى لمائع رمزه ى بالنسبة للماء

يقال ان ثقل القطعة المتقدمة فى الهواء = ٧٫٢٣٤ جرام

وثقل القطعة فى المائع ى = ٥٫٤١٧

باقى

فيكون ثقل المائع ى المحذوف = ١٫٨١٧ جرام

وحينئذ يكون الثقل النوعى للمائع ى = $\frac{١٫٨١٧}{٢٫٧١١}$ = ٠٫٦٧

(المسألة الثالثة)

اذا كان المطلوب معرفة الثقل النوعى للزيت بالنسبة للماء

يقال ان ثقل القطعة المتقدمة فى الهواء = ٧٫٢٣٤ جرام

وثقل القطعة المذكورة فى الزيت مثلا = ٣٫٢١٥

باقى

فيكون ثقل الزيت المحذوف = ٤٫٠١٩

وحينئذ يكون الثقل النوعى للزيت = $\frac{٤٫٠١٩}{٢٫٧١١}$ = ١٫٤٨ على حسب الفروض المذكورة

*(المسألة

(المسألة الرابعة)

اذا ضاع من ثقل جسم فى الهواء ٧ جرامات فما المقدار الذى يضيع من ثقله فى حمض الكربونيك الذى ثقله النوعى ١,٥٢٤ وفى الايدروجين الذى ثقله النوعى ٠,٠٦٩

الجواب أن يقال انه كلما ازداد مقدار الثقل النوعى للغاز يزيد مقدار الضائع من ثقل الجسم المغمور فى الغاز المذكور وكذلك اذا كان الثقل النوعى للغاز اكبر من الثقل النوعى للهواء مرتين أو ثلاثة أو اكثر فالمقدار الضائع فى الغاز يكون أكبر من المقدار الضائع فى الهواء مرتين أو ثلاثة أو اكثر فحينئذ يتحصل على المقدار الضائع من ثقل الجسم المغمور فى الغاز بضرب المقدار الضائع فى الهواء فى الثقل النوعى للغاز المذكور وبناء على ذلك يكون المقدار الضائع من الجسم المغمور فى حمض الكربونيك هو

جرام ٧ × ١,٥٢٤ = ١٠,٦٦٨ جرام

ويكون المقدار الضائع من الجسم المغمور فى غاز الايدروجين هو

جرام ٧ × ٠,٠٦٩ = ١٠,٤٨٣ جرام

(المسألة الخامسة)

مكعب مجوف من نحاس ضلعه ٠,٠٥م ووزنه ١٠٢ جرام مثقل بكرة من رصاص نصف قطرها ٠,٠١م والثقل النوعى للرصاص = ١١,٣٥٢ ويغمر المجموع بتمامه فى محلول ملحى صار توازنه فما يكون الثقل النوعى لهذا المحلول

جواب ذلك أن يقال حيث ان المجموع توازن فى المحلول وغاص فيه بتمامه فيكون

وزن المكعب + وزن الكرة = وزن المائع المحذوف (١)

ومن كون وزن المكعب = ١٠٢ جراما ووزن الكرة = ($\frac{٤}{٣}$ ط × ١^{٣}) ١١,٣٥٢

ووزن المائع المحذوف = ($\frac{٤}{٣}$ ط × ١^{٣} + ٥^{٣}) س فيؤول قانون (١) الى

١٠٢ + $\frac{٤}{٣}$ ط × ١١,٣٥٢ = ($\frac{٤}{٣}$ ط × ٥^{٣}) س

ومنه يستخرج س = ١,١٥٧٠

(المسألة السادسة)

اسطوانة من خشب الزان الذى ثقله النوعى ٨٥٢ و٠ طافية على الماء وأفقية الوضع والمراد معرفة النسبة الكائنة بين حجم جزئها المغمور وجزئها الغير المغمور

جواب ذلك ان يقال حيث ان ارتفاع الجسمين ر مشترك فى الاسطوانة تكون النسبة بينهما كالنسبة بين قاعدتيهما $\text{س}_{١}$ و $\text{س}_{٢}$

ولاجل البحث عن النسبة الكائنة بين القاعدتين المذكورتين يقال حيث ان الاسطوانة طافية فوزن الماء المحذوف = وزن الاسطوانة بتمامها وحيث ان وزن الماء المحذوف = $\text{س}_{١}\,\text{ر}$ ووزن الاسطوانة = $(\text{س}_{١} + \text{س}_{٢})\,\text{ر}\,\text{ع}$

فيكون $\text{س}_{١}\,\text{ر} = (\text{س}_{١} + \text{س}_{٢})\,\text{ر} \times \text{ع}$ ويكون

$$\frac{\text{س}_{٢}}{\text{س}_{١}} = \frac{١ - \text{ع}}{\text{ع}} = \frac{١ - ٠{,}٨٥٢}{٠{,}٨٥٢} = ٠{,}١٧٣$$ ومن ذلك ينتج

$$\text{س}_{٢} = ٠{,}١٧٣\ \text{س}_{١}$$

(جدول يتضمن الاثقال النوعية للاجسام الجامدة)

(بجعل الثقل النوعى للماء واحدا)

أسماء الاجسام	أثقال نوعية
بلاتين مصفح	٢٢,٠٦٩
بلاتين سلوك	٢١,٠٤١٧
بلاتين مطروق	٢٠,٣٣٦٦
ذهب مطروق	١٩,٣٦١٧
ذهب مسبوك	١٩,٢٨٨
زئبق	١٣,٥٦٨
رصاص مسبوك	١١,٣٥٢
فضة مسبوكة	١٠,٤٧٦٣
فضة عيار $\frac{٩١٥}{١٠٠٠}$ مسبوكة	١٠,١٧٥٢
فضة شرحة مطروقة	١٠,٣٧٦٥
فضة عيار العملة المسبوكة	١٠,٠٤٧٦
فضة صافية مطروقة	١٠,٥١٠٧

نحاس

أسماء الاجسام	أثقال نوعية
نحاس سلوك	٨و٨٧٨٥
نحاس أحمر مسبوك	٨و٧٨٨
زرنيخ	٨و٣٠٨
نحاس أصفر	٨و٣٩٥
حديد مطروق قضبان	٧و٧٨٨
قصدير مسبوك	٧و٢١٩٤
حديد مسبوك	٧و٢٠٧٠
خارصين من ٩و٨٦١ الى	٦و٨٧١
ياقوت أحمر مشرقى	٤و٢٨٣٣
ياقوت أزرق مشرقى	٣و٩٩٤١
ياقوت أزرق بريزيل	٣و١٣٠٨
ياقوت أصفر مشرقى	٤و٠١٠٧
ياقوت أصفر سكساوى	٣و٥٤٤
زمرد أزرق مخضر	٣و٥٤٨٩
ألماس	٣و٥٠٢
بللور فلند كلاس انكليزى	٣و٣٢٩٣
رخام برو	٢و٨٣٧٦
زمرد أخضر	٢و٧٧٥٥
أردواز	٢و٨٥٣٥
كربونات الجير	٢و٧١٨٢
زجاج سنت كوبين	٢و٤٨٨٢
صينى بلاد الصين	٢و٣٨٤٧
كبريتات الجير مبلور	٢و٣١٧٧

أسماء الاجسام	أثقال نوعية
صيني مدينة سيقر	٢و١٤٥٧
كبريت صاف	٢و٠٣٣٢
عاج	٢و٩١٧
ارجيل أي الطفل	١و٩٣٠
كهرباء أوكارم	١و٠٧٨
ثلج	٠و٩٣
خشب الفلين	٠و٢٤
خشب البقم	١و٠٣١
خشب بقس فرنساوي	٠و٩١٢
خشب شرحه من هولانده	١و٣٢٨
بقم ورد من أمريكا للصبغة السوداء	٠و٩١٣
خشب شربين	٠و٥٩٦
خشب شجر الكرز	٠و٧١٥
خشب البلوط جاف	٠و٧٤
خشب البلوط أخضر	٠و٨٥
خشب السرو	٠و٦٤٤
شجر الابنوس من أمريكا	١و٣٣١
شرحه من الهند	١و٢٠
شجر ديش بوداق أو شجر لسان العصافير	٠و٨٤٥
خشب الانبيا	١و٣٣٣
خشب الرمان	١و٣٥٤
خشب الزان	٠و٨٤٢
شجر الشملا	٠و٩٤٤

اسماء

أسماء الاجسام	أثقال نوعية
خشب الجوز	٠٫٦٧١
خشب البرتقان	٠٫٧٠٥
خشب الورد أوقره اغاج	٠٫٦٧١
شجر حور أبيض	٠٫٣٢٩
خشب حور معتاد	٠٫٣٨٣
خشب التفاح	٠٫٧٩٣
خشب البرقوق	٠٫٧٨٥
خشب التنوب أو الراتنج الانثى	٠٫٤٩٨
شرحه ذكر	٠٫٥٥٠
شرحه أحمر	٠٫٦٥٧
خشب الساسفراس	٠٫٤٨٢
خشب الصفصاف	٠٫٥٨٥
خشب النبق أو البيلسان	٠٫٦٥٩
خشب السوسن أو الزيزفوف	٠٫٦٠٤
خشب الكمثرى	٠٫٦٦١
خشب شجر العنب	١٫٣٢٧
الكافور الابيض	٠٫٩٩٦
شمع أبيض عسلى أو كافوري	٠٫٩٦٨٦
شمع أصفر عسلى	٠٫٩٧٤٨
دقيق القمح الخاص فى أعلى درجة	١٫٠٣٥
بناء بالطوب	١٫٨٧
بناء بالدبش	٢٫٢٥
بناء بالحجر الجاف	١٫٤٥

أسماء الاجسام	أثقال نوعية
مرمر	٢٫٧٤
لؤلؤ معتاد	٢٫٧٥
لؤلؤ مشرقى	٢٫٦٨٤
حجر خفاف	٠٫٩١٤٥
بارود الحرب	٠٫٨٥٨
رمل	١٫٣٤٣
رمل الانهر	١٫٨٨

(جدول يتضمن الاثقال النوعية للسائلات والغازات)

(بفرض ان الثقل النوعى للماء واحد)

الماء المقطر	١٫٠٠٠
الالكول	٠٫٧١٥
الامنياك أو روح النوشادر	٠٫٨٩٧
حمض الكلورايدريك	١٫١٩٤
حمض النتريك	١٫٢٧١٥
حمض الكبريتيك فى درجة ٦٦	١٫٨٤٠٢
ماء البحر المالح	١٫٠٢٦
العرق فى درجة ١٨	٠٫٩٤٧٧
شرحه فى درجة ١٩	٠٫٩٤١٦
شرحه فى درجة ٢٢	٠٫٩٢٣٦
روح العرق فى درجة ٣٣	٠٫٨٦٣٢
شرحه فى درجة ٣٦	٠٫٨٤٨
زيت الترمنتينا	٠٫٨٦٩٧
زيت اللوز الحلو	٠٫٩١٧

أسماء

أسماء الاجسام	أثقال نوعية
زيت الكتان	٠٫٩٤٠٣
زيت السلجم	٠٫٩١٩٣
زيت الجوز	٠٫٩٢٢٧
زيت الزيتون	٠٫٩١٥٨
زيت الخشخاش أو أبو النوم	٠٫٩٢٨٨
لبن الحماره	١٫٠٣٥٥
لبن الغنم	١٫٠٤٠٩
لبن المعز	١٫٠٣٤١
لبن المرأة	١٫٠٢٠٣
لبن الفرس	١٫٠٣٤٦
لبن البقرة	١٫٠٣٢٤
عسل نحل	١٫٤٥٠٠
خل	١٫٠١٩٠
نبيذ بوردو	٠٫٩٩٣٩
نبيذ بورجونيا	٠٫٩٢١٥
نبيذ شانبانيا	٠٫٩٦٢٠
نبيذ مادير	١٫٠٣٠
نبيذ بورتو	٠٫٠٩٩٧
الهواء الجوي	٠٫٠٠١٢٩٩
بخار البرود	٠٫٠١١٢٠٥
كلور	٠٫٠٠٤٢٠٩
بخار الالكول	٠٫٠٠٢٠٩٦
غاز الاوكسيجين	٠٫٠٠١٤٣٣

أسماء الاجسام	أثقال نوعية
غاز الازوت	٠,٠٠١٢٦٨
غاز أوكسيد الكربون	٠,٠٠١٢٤٣
بخار الماء	٠,٠٠٠٨١١
غاز الايدروجين	٠,٠٠٠٠٦٨٨٤

(فى تحويل المقاييس الى بعضها)

(فى كيفية تحويل الاذرع الى أمتار وعكسه)

اذا كان المطلوب تحويل عدد من أذرع أى نوع الى أمتار نضرب عدد الاذرع فى مقدار وحدته بالنسبة الى المتر فيحدث المطلوب

مثلا لتحويل ٤٠ ذراعا معماريا الى أمتار نضرب ٤٠ × ٠,٧٥م فيحدث ٣٠,٠٠ م أو يضم نصف الاذرع الى ربعها فيحصل عدد الامتار المطلوبة

وأما اذا كان المطلوب تحويل عدد من الامتار الى أذرع أى نوع فنقسم عدد الامتار على مقدار الذراع بالنسبة للمتر

مثلا لتحويل ٣٠ م الى أذرع معمارية نقسم ٣٠ م على ٠,٧٥م يحدث ٤٠ ذراعا معماريا أو نضم على الامتار المعلومة ثلثها فيحصل عدد الاذرع

(فى تحويل الاذرع المعمارية المربعة الى أمتار مربعة وعكسه)

لتحويل عدد الاذرع المعمارية المربعة الى أمتار مربعة نضرب العدد المعلوم فى ٠,٥٦٢٥ يحدث المطلوب

فلتحويل ٤٠ ذراعا معماريا مربعا الى أمتار مربعة نضرب ٤٠ × ٠,٥٦٢٥ يحدث ٢٢,٥ م² أو يؤخذ $\frac{1}{2}$ و $\frac{1}{4}$ الاذرع المربعة المعلومة وما ينتج يؤخذ نصفه وربعه فيحصل عدد الامتار المربعة المطلوبة

وبالعكس لتحويل ٢٢,٥ م² الى أذرع معمارية مربعة نقسم ٢٢,٥ م² على ٠,٥٦٢٥م فيحدث ٤٠ ذراعا معماريا مربعا أو يضم الى الامتار المربعة المعلومة

المعلومة ثلثها وماتنج يضم اليه ثلثه فيحصل عدد الاذرع المربعة المطلوبة

(فى تحويل الاذرع المعمارية المكعبة الى أمتار مكعبة وعكسه)

لتحويل عدد من الاذرع المعمارية المكعبة الى أمتار مكعبة نضرب العدد المعلوم فى ٠,٤٢١٨٧٥ يحدث المطلوب

فلتحويل ١٦٠٠ ذراع مكعب الى أمتار مكعبة يضرب ١٦٠٠×٠,٤٢١٨٧٥ يحدث ٦٧٥م٣

أو يؤخذ نصف وربع الاذرع المعلومة وماتنج يؤخذ نصفه وربعه ثم ماتنج يؤخذ نصفه وربعه فيكون الناتج الاخير هو عدد الامتار المكعبة المطلوبة

وبالعكس لتحويل ٦٧٥م٣ الى أذرع معمارية مكعبة تقسم ٦٧٥م٣ على ٠,٤٢١٨٧٥ يحدث ١٦٠٠ ذراع معمارى مكعب أو ان يضم الى الامتار المعلومة ثلثها والحاصل يضم اليه ثلثه ثم الحاصل يضم اليه ثلثه فيكون الناتج الاخير هو عدد الاذرع المكعبة

(فى تحويل الفدان الى أذرع معمارية)

لتحويل الفدان الى أذرع نضرب الفدان وهو ٤٢٠٠,٨٣٣م٢ × ١,٧٧٧٧ فيحدث

الفدان = ٧٤٦٨,١٤٨٠٨٨ ذراع مربع

أو نقسم الفدان وهو ٤٣٠٠,٨٣٣٣م٢ على ٠,٥٦٢٥ فيحدث

الفدان = ٧٤٦٨,١٤٨٠٨٨ ذراع مربع

(فى تحويل الاقصاب المكعبة الى أمتار مكعبة وعكسه)

لتحويل الاقصاب المكعبة الى أمتار مكعبة نضرب الاقصاب المكعبة فى ٤٤,٧٣٨٨٧

مثلا لتحويل ٢٥٠٠٠ قصبة مكعبة الى أمتار مكعبة نضرب ٢٥٠٠٠ × ٤٤,٧٣٨٨٧ فيحدث ١١١٨٤٧١,٨٧٥ م٣

وبالعكس لتحويل الامتار المكعبة الى أقصاب مكعبة نقسم الامتار المكعبة على ٤٤,٧٣٨٨٧

مثلا لتحويل ٨٧٥ , ١١١٨٤٧٦ م٣ الى أقصاب مكعبة نقسم ٨٧٥ , ١١١٨٤٧١ على ٤٤,٧٣٨٨٣ م٣ فيحدث ٢٥٠٠٠ قصبة مكعبة

(فى تحويل الامتار المربعة الى أقصاب مربعة وعكسه)

لتحويل الامتار المربعة الى أقصاب مربعة نقسم الامتار المربعة على عدد الامتار الموجودة فى القصبة المربعة أى على ١٢,٦٠٢٠م٢

مثلا لتحويل ٣١٥,٠٦٢٥م٢ الى أقصاب مربعة نقسم ٣١٥,٠٦٢٥م٢ على ١٢,٦٠٢٥ فيحدث ٢٥ قصبة مربعة

وبالعكس لتحويل الاقصاب المربعة الى أمتار مربعة نضرب الاقصاب المربعة فى ١٢,٦٠٢٥

(فى تحويل الارطال الى أقق وعكسه)

لتحويل الارطال الى أقق نضرب الارطال المعلومة فى الرطل الواحد وهو ٠,٣٦ يحدث المطلوب

فلتحويل ٧٥ رطلا مثلا الى أقق نضرب ٧٥×٠,٣٦ فيحدث ٢٧ أقه

وأما التحويل الاقق الى أرطال فنقسم الاقق على الرطل ٠,٣٦

فلتحويل ٢٧ أقه الى أرطال نقسم ٢٧ على ٠,٣٦ فيحدث ٧٥ رطلا

(فى تحويل الدراهم الى أرطال وعكسه)

لاجل تحويل الدراهم الى أرطال نقسم الدراهم على ١٤٤

فلتحويل ١٢٢٤٠ درهما الى أرطال نقسم ١٢٢٤٠ على ١٤٤ فيحدث ٨٥ رطلا

وأما التحويل الارطال الى دراهم فنضرب الارطال فى ١٤٤ يحدث المطلوب

فلتحويل ٨٥ رطلا الى دراهم نضرب ٨٥ × ١٤٤ يحدث ١٢٢٤٠ دراهما

(فى تحويل الدراهم الى أقق وعكسه)

لتحويل الدراهم الى أقق نقسم عدد الدراهم على ٤٠٠

مثلا لتحويل ١٤٤٠٠ درهم الى أقق نقسم ١٤٤٠٠ على ٤٠٠ فيحدث ٣٦ أقه

وأما التحويل الاقق الى دراهم فنضرب الاقق فى ٤٠٠ فيحدث المطلوب

(معدلات المحروسة)

(معدلات المحروسة باعتبار الذراع المعماري وباعتبار القنطار مائة رطل)

(ما يخص الذراع من الجبر البلدي المحي)

ذراع مربع	ذراع مكعب	جبر قنطار	أصناف عدد	
٠٠	١	١,٥٠	٠٠	بناء بالدبش والطوب ويمكن أقل أو أكثر من ذلك
٠٠	١	٠٢	٠٠	بناء بمحلات المياه كالقناطر والآبار والحيضان وغيرها
١٠٠	٠٠	٠٨	٠٠	بياض قشره
١٠٠	٠٠	٢٥	٠٠	خافقي
١٠٠	٠٠	١٠	٠٠	بياض بطانه وظهاره
١٠٠	٠٠	١٢	٠٠	بياض بطانه وظهاره بالبغدادلي
١٠٠	٠٠	١٠	٠٠	بياض بأول رفرف
١٠٠	٠٠	١٢,٥	٠٠	بياض بثاني رفرف
١٠٠	٠٠	١١	٠٠	بربقة بأعلى الانخاخ
١٠٠	٠٠	١٠	٠٠	بربقة بأعلى الترصيص بدون لباسة
١٠٠	٠٠	٠٩	٠٠	بربقة بأعلى الترصيص لحفظه
١٠٠	٠٠	٠٨	٠٠	بربقة بأعلى اللباسة
١٠٠	٠٠	١٦	٠٠	بياض قشرة لنقش أول دهنة
١٠٠	٠٠	٢٠	٠٠	شرحه ثاني دهنة
١٠٠	٠٠	٢٣	٠٠	شرحه ثالث دهنة بأعلى البغدادلي
١٠٠	٠٠	٢٥	٠٠	لصق رخام بأول أرضية
١٠٠	٠٠	٠٢	٠٠	طلاء بالجبر السلطاني
٠٠	٠٠	١٥	١٠٠	حجر بناء وتشكيس بمحل الرطوبة أو سبك وكحلة وسقيه لباني
٠٠	٠٠	١٢	١٠٠	حجر بلاط من طول ١٦ قيراطا لصق وسقية
٠٠	٠٠	٢٧	١٠٠	بلاط تربيعه من طول ذراع لصق وسقيه
٠٠	٠٠	١٠	١٠٠	حجر بسط في بناء الأكتاف
٠٠	٠٠	٠١	١٠٠	بناء عتبة باب ودوسته من طول ذراعين

(ما يخص الذراع المربع في البياض ولصق الاحجار والرخام من الجبس)

مربع ذراع	جبس أردب	اصناف عدد	
٠٠	٥	١٠٠	حجر آلة ساده سبك وكحله وسقية نواصى
٠٠	٧	١٠٠	حجر دستور سبك وكحله وسقيه طين الحجر وتجبيس عقوة العقودات
٠٠	٥	١٠٠	حجر بسط بناء بالاكتاف
٠٠	٧	١٠٠	حجر دستور بناء بالاكتاف وسبك وكحلة وسقيه بالمبانى
٠٠	٧	١٠٠	حجر آلة وزاوية بناء بالاكتاف كحلة وسقيه بالمبانى
٠٠	٤	١٠٠	حجر سبك وكحله
٠٠	١	٠٠١	عتبة باب طولها ذراعان
٠٠	٠٢،٥	١٠٠	بلاطة فرانى لصق خلاف الطين بأول أرضية
٠٠	٠٣،٥	١٠٠	بلاطة فرانى لصق بثانى أرضية خلاف الطين
٠٠	٠،٢٣	٠٠١	طرقة طولها ذراعان
٠٠	١١،٢٥	١٠٠	بلاطة تربيعة طولها ذراع لصق بأول أرضية بعد وضع الطين
٠٠	١٥،٧٥	١٠٠	تربيعة كاملة بثانى أرضية
٠٠	١٥	١٠٠	رخامة لصق بالوزرة بالحيطان من الترابيع التى طولها من ½ تربيعة و ⅓ تربيعة و ¼ تربيعة
١٠٠	٤	٠٠	بياض قشرة
١٠٠	٥	٠٠	بياض بطانة وظهارة
١٠٠	٦	٠٠	بياض بأعلى البغدادلى
١٠٠	١٠	٠٠	بياض بالزفرف
١٠٠	٧	٠٠	بربقة بأعلى الانحاخ
١٠٠	٦	٠٠	بربقة بأعلى الترصيص بدون لياسة
١٠٠	٥	٠٠	بربقة بأعلى تحفيظ الترصيص
١٠٠	٤	٠٠	بربقة على اللياسة

(ما يخص الذراع من الطين الحلو)

تقدير صنف الطين الحلو والقصرمل بحمل الحمار باعتباره مقطفين والمقطف ملؤه ربع مصرى فيكون حمل الحمار كيلة مصرى

ذراع مربع	ذراع مكعب	طين حمل	اصناف عدد	
٠٠	٠١	٠٦	٠٠	بناء الجدار
٠٠	٠١	٠٢	٠٠	بناء أعلى الجدار والترصيص بمثل ذلك
٠٠	٠٠	٢٧	١٠٠	حجر تربيعه طول الواحدة ثلثا ذراع
٠٠	٠٠	٦١	١٠٠	حجر تربيعة طول الواحدة ذراع
٠٠	٠٠	١٢	١٠٠	بلاط فرانى بأول أرضية
٠٠	٠٠	٥٤	١٠٠	بلاط تربيعة بأول أرضية طول الواحدة ذراع
١٠٠	٠٠	١٠	٠٠	تكحيله

(ما يخص الذراع من القصرمل)

ذراع مربع	ذراع مكعب	قصرمل حمل	
٠٠	٠١	٠٤	بناء بأعلى الجدار والترصيص بمثل ذلك
١٠٠	٠٠	٢٠	بربقة
١٠٠	٠٠	٢٠	تكحيله

(ما يخص الذراع المربع من دق الكتان)

ذراع مربع	دق كتان رطل	
١٠٠	١٢و٥	بياض قشره
١٠٠	٢٥	بياض بطانه وظهاره ومثله التقطيب
١٠٠	٣٠	بياض بأعلى البغدادلى
١٠٠	٥٠	بياض بالرمل
١٠٠	٣٠	بربقة بأعلى الانجاخ
١٠٠	٢٠	بربقة بأعلى الترصيص بدون لياسة
١٠٠	١٥	بربقة بأعلى تحفيظ الترصيص
١٠٠	١٢و٥	بربقة بأعلى اللياسة

(ما يخص الذراع من الزلط والزيت الحار لزوم الخافقى)

ذراع مربع	زلط جمل	زيت حار رطل
١٠٠	١	١٠

(ما يخص الذراع المكعب من الدبش)

ذراع مكعب	دبش قنطار	
١	١١	فى بناء عمارات الخانقاه من جبل المنير
١	١١	فى بناء عمارات المحروسة من جبل الجيوشى
١	١٢	شرحه من جبل اترالنبي ومن جبل طره
١	١٢و٥	شرحه من طريق قلعة الجبل

(ما يخص الذراع المكعب من الطوب النيء والآجر والطوب الاصولى والطين الاصولى)

ذراع مكعب	طوبه عدد	طين قنطار	
١	٤٠٠	٠٠	آجر من الطوابة
١	٣٣٣ + ١/٣	٠٠	آجر من المديريات
١	٢٥٠	٠٠	شرحه
١	٢٠٠	٠٠	آجر من المديريات
١	٢٠٠	٠٠	طوب نيء بعمارات الخانقاه وأبي زعبل
١	١٩٠	٠٠	طوب أصولى
١	٠	٠٦	طين أصولى

(ما يخص الذراع من الحجر)

ذراع مكعب	ذراع مربع	اردب جيره	اصناف عدد	
٠	١٠٠	٥	٠	خافق
١	٠٠	٢و٤	٠	بناء بمجلات المياه
١٠٠	٠٠	٢٧	٠	بناء بالدبش
	٠٠	٣	١٠٠	حجر عادة تشكيس والحجر الكبير يلزم لها أكثر من ذلك

(مقدار ما يخص القنطار من سبك الرصاص)

رصاص قنطار	قصدير رطل	قلفونيه رطل
١	٢	٠و٣٢

(مقدار شغل البناء فى اليوم الواحد من الاذرع)

ذراع مكعب	ذراع مربع	بناء عدد	اصناف عدد	
٢٠	٠٠	١	٠٠	بناء فى الجدار بالدبش
١٢,٥	٠٠	١	٠٠	بناء بأعلى الجدار بأول أرضية
٨	٠٠	١	٠٠	بناء بالآجر بحيطان الدور الارضى
٨	٠٠	١	٠٠	بناء بالدبش فى الحيطان التى من عرض ٠,٥٠ الى ٠,٦٦
٠٠	٦,٢٥	١	٠٠	ترصيص ولياسه
٦	٠٠	١	٠٠	بناء بالآجر فى الحيطان التى من عرض ٠,٥٠ الى ٠,٦٦
٥	٠٠	١	٠٠	بناء بالآجر بالمراطيب التى من عرض ٠,٢٥ الى ٠,٥٠
٤	٠٠	١	٠٠	شرحه التى بها فوارغ
٥	٠٠	١	٠٠	بناء بالآجر والدبش بحيضان وفساقى وخنسادق معمل البارود وكل عشرة بنائين يخصهم نفر بناء للوزن بالتبرزى
١٥	٠٠	١	٠٠	بناء بالطوب النىء بعمارات الخانقاه بالحيطان التى عرضها ذراع
٠٠	١٠٠	١	٠٠	كحله
٠٠	٠٠	١	٢٠	حجر آلة وزاوية
٠٠	٠٠	١	٢٠	حجر بسط بالاكتاف
٠٠	٠٠	١	١٦	حجر دستور بالاكتاف
٠٠	٠٠	١	١٥	حجر مفرغ بالابواب والشبابيك
٠٠	٠٠	١	٣٠	شبق طرد ٢ أو طرد ٤ أو عرق شام أو برطوم ترص بالاسقف
٠٠	٠٠	١	٢٠	شبق طرد ٦ ترص بالاسقف
٠٠	٠٠	١	١٥	شبق طرد ٨ أو برطوم ثلثا بلدينار ترص بالاسقف
٠٠	٠٠	١	١٠	باطه سقاله أو برطوم بالدينار كامل ترص بالاسقف
٠٠	٠٠	١	١٥	كتلة شرحه
٠٠	٠٠	١	٠٥	عتب من باطة أو برطوم أو كتلة طولها ذراعان شرحه

(مقدار شغل المبيض فى اليوم من الاذرع المربعة)

ذراع مربع	مبيض عدد		اردب		ذراع
٧	١	خافقى			
٦	١	شرحه			
٥	١	خافقى بحيضان وفساقى معمل البارود			
٤	١	خافقى بأفخاذ وحيضان معمل البارود وغيره			
٣٣و١/٣	١	بياض قشره			
٢٥	١	بياض بطانه وظهاره فوق البغدادلى			
٣٣و١/٣	١	بربقه بالاسقف			
١٥	١	بياض بالزفرف			
١٥	١	بياض من الذى به جبس	١٢	فى	١٠٠
٢٠	١	بياض دهان شرحه	١٠		١٠٠
١٢	١	بياض دهان بأعلى البغدادلى			
٥٠	١	بياض بالرمل			
٢٥	١	تقطيب			

(مقدار شغل النحات فى اليوم)

احجار عدد	نحات عدد	
٦	١	أحجار زاويه
٨	١	أحجار آله
١	١	حجر دستور أو حجران أو ثلاثة بحسب صلابة الاحجار .
٠و٥	١	حجر عجالى
٦	١	أحجار تربيعه
٢	١	حجران مفرغان للشبابيك
١	١	حجر مفرغ للابواب
١	١	حجر عجالى للوابورات أو حجر واصف .

(مقدار شغل القزام فى اليوم)

ذراع مكعب	قزام عدد	
٤	١	هدم بعمل البارود
٢٥	١	هدم بالابنية واكثر من ذلك فى العرقبة

(مقدار شغل الفاعل فى اليوم بتحت جدر مختلفة الارتفاع)

نفر عدد	ذراع مكعب	ارتفاع ذراع	
١	٦	١	
١	٥	٢	
١	٤	٣	مشال الاتربة ورميها بالبعد عن الجدار
١	٣	٤	
١	٢	٥	

(مقدار شغل النفر فى اليوم الواحد بمشال الاتربة)
(على حسب اختلاف بعد رمى التراب عن محل الحفر)

بعد رمى التراب ذراع	مشال النفر ذراع مكعب	بعد رمى التراب متر	مشال النفر متر مكعب
٢٠	١١,٨٠	١٥	٥
٤٠	١٠,٦٦	٣٠	٤,٥
٦٠	٩,٤٨	٤٥	٤
٨٠	٨,٢٩	٦٠	٣,٥
٩٣,٣	٧,١١	٧٠	٣
١٢٠	٥,٩٢	٩٠	٢,٥
١٤٠	٤,٧٤	١٠٥	٢
١٦٠	٣,٥٥	١٢٠	١,٥
١٨٠	٢,٦١	١٣٥	١,١
٢٠٠	١,٦٦	١٥٠	٠,٧
٢٦٦,٦	١,١٨	٢٠٠	٠,٥

(مقدار الفعلة اللازمين للصناع فى اليوم)

فعله	بناء	عتال	مبيض	قزام	
عدد	عدد	عدد	عدد	عدد	
٧	١	٠	٠	٠	بناء بالجدار
٧	١	٠	٠	٠	بناء بالطوب النىء أو بالآجر فى الدور الارضى
٧	١	٠	٠	٠	بناء بالدبش فى الدور الاول بالحيطان السد أو بالترصيص أو برص المربعات
٦	١	٠	٠	٠	بناء بالغراطيب السد بالدور الاول
٣	١	٠	٠	٠	كحله
٤	١	٠	٠	٠	فى بناء التنكيس
٣	١	٠	٠	٠	بناء الرمل كونه شبيها بالمونه
٥	١	٠	٠	٠	بناء بالحجر الآلة والزاوية فى الاكتاف
٣	١	٢	٠	٠	بناء بالدستور فى الاكتاف
٣	١	٢	٠	٠	بناء بالحجر البسيط
٥	١	٢	٠	٠	بناء بالحجر السادة
٧,٥	١	٠	٠	٠	بناء بحيضان وفساقى معمل البارود لبعده عن حرف المعمل
١	٠	٠	١	٠	بالخافق
٢	٠	٠	١	٠	بياض
٣	٠	٠	١	٠	بربقه فى المحلات العاليه
٢	٠	٠	٠	١	هدم ونقض ومشال الاتربة ورميها خارج المعمل
٣	٠	٠	٠	١	أو أربعة فعلة فى الهدم بخلاف معمل البارود

(مقدار مشال النفر فى اليوم من الاصناف)

نفر عدد	قنطار عدد	طوب عدد	حمل عدد	
١	٧٥	٠	٠	طلوع دبش من المراكب فى زمن النيل
١	٥٠	٠	٠	شرحه فى زمن التحاريق
١	٠	٠	٠	تحميل الطين أو التراب على ١٠ حمير
١	٠	١٠٠٠	٠	طلوع الطوب من المراكب فى زمن النيل
١	٠	٧٠٠	٠	شرحه فى زمن التحاريق
١	٠	٠	٢٥	هز الزلط

(مقدار الصناع ومعلمى الصناعة اللازمين لهم)

نفر عدد	صناع	نفر عدد	معلمى الصناعة
٢	بنايين	١	معلم بنايين
٢	بنايين	١	خشاب
٤	سقايين	١	رئيس سقايين
٣	مبيضين	١	معلم مبيضين
٤	فرق حجارة	١	رئيس حجارة
٤	نحاتين	١	معلم نحاتين
١٢	فعلة	١	مقدم فعلة

(ما يخص الذراع من أخشاب البغدادلى والمسامير)

ذراع مربع	اصناف عدد	
٢و ٥	١	لاطه قبرصى تشق وتوضع بالبغدادلى
١و٢٥	١	لاطه علايه شرحه
١	٥٠	مسمار بغدادلى

(الاصناف اللازمة لشبابيك)

(أول شباك خرط مثمن طوله ٥ ,٣ وعرضه ٥ ,١ وحلقه من كتلة علايه و بره من لوح بندق والخرط من لاطه قبرصى)

الاصناف اللازمة	عدد	رطل
كتلة علايه لزوم الحلق	١	٠
لاطه قبرصى للخرط ان كان الخرط ضيقا	٤	٠
لاطه قبرصى للخرط ان كان الخرط واسعا	٣	٠
لوح بندق للبرور	١	٠
مسمار بلدى	٠	١
مسمار افرنكى	٠	٣٣ و٠

(ثانى شباك خرط مثمن طوله ٥ ,٣ وعرضه ٥ ,١ وحلقه من كتلة علايه وبره من لوح بندق والخرط لاطه علايه)

اصناف لازمة	عدد	رطل
كتلة علايه للحلق	١	٠
لاطه علايه للخرط لزوم الخرط الضيق	٨	٠
شرحه الواسع	٦	٠
لوح بندق لزوم البرور	١	٠
مسمار بلدى	٠	١
مسمار افرنكى	٠	٣٣ و٠

(ثالث شباك خرط ومن داخله شريحتا زجاج طوله ٥ ,٣ وعرضه ٥ و٤)

اصناف لازمة	عدد	رطل
لاطه قبرصى لزوم الخرط	٤	٠
لوح بندق	٥ و٣	٠
كتلة علايه لزوم الحلق	١	٠
موربنه لزوم الكرنيش	١٢٥ و٠	٠
مسمار بلدى	٠	١
مسمار افرنكى	٠	٣٣ و٠

(شباك بشريحتى زجاج بدون شيشه طوله ٣,٥ وعرضه ١,٥)

	الاصناف اللازمة	
	عدد	رطل
لوح بندق لزوم الحلق والبرور والسدايب	٤,٥	٠
مربوعه زان	٣	٠
مورينه مجوز لزوم الكرنيش من أعلى	٠,١٢٤	٠
مسمار افرنكى	٠٠	١
مسمار بلدى	٠	١,٢٥

(شباك بشريحتى زجاج وشيشه طوله ٣,٥ وعرضه ١,٥)

	اصناف لازمة		
	جمله	عدد	رطل
لوح بندق لزوم الحلق والبرور والسدايب	٠	٤,٥	٠
لوح بندق لزوم شريحة الشيشه	٦,٥	٢,٠	٠
مربوعة زان لزوم شرايح الزجاج	١	٣	٠
لاطه قبرصى لزوم حلق بشريحة الشيشه	٠	١,٥	٠
مورينه ثلثاى لزوم الكرنيش	٠	٠,٦٦	٠
انوف	٠	٢	٠
اذرار	٠	٢	٠
نيوتشوم	٠	٠,١٦	٠
مسمار شيشه	٠	٥٠٠	٠
مسمار افرنكى طويل	٠	٠	١
مسمار بلدى وسطانى	٠	٠	٠,٦٦
غراء	٠	٠	٠,١٦

(تابع عمدلات المحروسة)

(شباك اسكندرى طوله ٤ ر٢ وعرضه ٣٣ ر١ بشريحتين)
(زجاج يفتحان و يغلقان وشمسيه نصفها الاعلى ثابت)*
(والاسفل بضلفتين يفتحان و يغلقان)

	أصناف لازمة			
	عدد	درهم	أقة	عمال
لوح سويد	٢			
مشقوقه	٢			
لوح بندق	٣			
ترباس حديد	٤			
شنكل حديد	٤			
مفصلات صغيرة	٦			
قرقيات	٣٦			
مسمار شيشه	٧٠			
مسمار بلدى	٦			
مفصلات كبيرة	٤			
مسمار خالدى	٠	٢٥	٠	٠
مسمار افرنكى			٠ر٧٥	
غره	٠	٥٠	٠	٠
نشار نصف يوم				١
نجارين منهم ٥ اسطوات و٥ وسط				١٠
خراط ربع يوم				٠ر٢٥

(فى الابواب والبوابات)

(باب سمر طوله ٣ وعرضه ٢)

اصناف لازمة		
عدد	رطل	
١	٠	كتلة علايه لزوم الاساطيم
٠,٥	٠	كتلة علايه لزوم فرش من أعلى
١,٥	٠	لاطه قبرصى لزوم ثلاثة أجوزه
٣,٥	٠	لوح بندق لزوم الطبق
١	٠	عقب حديد
١	٠	سكرجه حديد
٢	٠	مفصلات حديد
١	٠	كيلون افرنكى
٠,٣٣	٠	نبوت شوم لزوم الدواسر
٠	٠,٢٥	غره
٠	٠,٥	دواسر حديد
٠	٢	مسمار بلدى
٠	٠,٢٥	مسمار افرنكى

(باب مكبر طوله ٣ وعرضه ٢)

اصناف لازمة		
عدد	رطل	
١	٠	كتله لزوم الاساطيم
٠,٥	٠	كتله لزوم الفرش
٢,٥	٠	كتله لزوم التطبيق
٢	٠	لاطه قبرصى لزوم أربعة أجوزه
١	٠	عقب حديد
٢	٠	ملفات حديد
١	٠	سكرجه حديد
١	٠	كيلون افرنكى
٠	١	دواسر
٠	٤	مسمار بلدى

(تابع معدلات المحروسة)

(باب افرنكى بضلفة طوله ٣,١٢ وعرضه ١,٥)

أصناف لازمه		
عدد	رطل	
٢,٥	٠	كتلة علاية لزوم الاساطيم
٢,٥	٠	كتلة علاية لزوم الحشو والحلق بالاربع جهات
٢,٦٦	٠	لوح بندق لزوم الحشو بين الاساطيم والبرور
٠,٢٥	٠	موربنه لزوم الكرنيش
٣	٠	فرقيات
٠	٢,٢٥	مسمار بلدى
٠	٠,٦٦	مسمار افرنكى
٠	٠,٣٣	غره شامى

(باب بضلفتين طوله ٣,١٢ وعرضه ١,٨٣)

أصناف لازمة		
عدد	رطل	
٣	٠	كتلة علاية لزوم الاساطيم وصارى فى وسط الحشو والحلق
٢,٣٣	٠	لوح بندق لزوم الحشو والبرور
٠,٢٥	٠	موربنه لزوم الكرنيش
٦	٠	أجواز فرقيات
٠	٠,٦٦	غره شامى
٠	٠,٦٦	مسمار افرنكى
٠	٢,٢٥	مسمار بلدى

(باب سمر طوله ٣ وعرضه ١,٥)

	أصناف لازمة	
	عدد	رطل
لوح بندق الى الباب والبرور والقشر	٥	٠
موردينه لزوم الحلق	٢	٠
موردينه لزوم الاسوجه	١,٢٥	٠
جوز قرقيات	٣	٠
مسمار افرنكى	٠	١,١٢
مسمار بلدى	٠	١,٥
دواسر حديد	٠	١

(باب قشر تقليد الافرنكى طوله ٣ وعرضه ١,٥)

	أصناف لازمة	
	عدد	رطل
لوح بندق لزوم الطبق والبرور والقشر	٥,٢٣	٠
موردينه مجوز لزوم الحلق	٢	٠
موردينه مجوز لزوم الكرنيش	٠,٢٥	٠
قرقيات مجوز	٣	٠
مسمار افرنكى	٠	١,٢٣
مسمار بلدى	٠	١,٥٠
دواسر حديد	٠	١

(تابع معدلات المحروسة)

(بوابه بدرفه طولها ٦ وعرضها ٤)

يكون	أصناف لازمة		
عدد	عدد	رطل	
١٥,٥	٢	٠	كتله علايه لزوم الاساطيم
	٤	٠	شرحه ستة أحزمه بالبوابه
	٨,٥	٠	شرحه التطبيقة يصير شقها خيطا واحدا
	١	٠	شرحه الفرش
	١	٠	عقب حديد
	١	٠	سكرجه حديد
	٦	٠	ملفات حديد
	٤	٠	نبوت شوم
	٢	٠	كوالين فى الداخل والخارج
	١	٠	ترباس من كتله أو من سهم زان أو من حديد
	٧,٥	٠	نشارين لزوم شق الكتل
	٠	١٣	مسمار بلدى للتطبيق والملفات
	٠	٣	دواسر
	٠	١	غراشامى

(تابع معدلات المحروسة)

(بوابه بدرفتين طولها ٦ عرضها ٤)

	أصناف لازمة		يكون
	عدد	رطل	عدد
كتلة علاية لزوم الاساطيم	٤	٠	
شرحه الفرش الاعلى	١	٠	
شرحه الاخومه	٤	٠	
شرحه التطبيق	٨	٠	
عقب حديد	٢	٠	١٧
سكرجه حديد	٢	٠	
ملفات حديد	١٢	٠	
كوالين حديد	٢	٠	
قفيز حديد	٢	٠	
مسمار بلدى	٠	١٣	
غراشامى	٠	١	
ترباس حديد بحلق	١	٠	
نبوت شوم	١	٠	
سقاقيط حديد	٢	٠	
نشارين لزوم شق الكتل	٨,٥	٠	

(تطبيق الاسقف)

(تطبيق سقف باللوح والباصه طوله ١٠ وعرضه ٧ وبعد ميل الجمال)
(يكون طوله ٥ و٨ وعرضه ٥ و٥)

يكون	اصناف لازمة		
عدد	عدد	رطل	
	٢٥	٠	شبق طرد ٦ لزوم السقف على كل ذراعين ٥ شبقات
	١٤	٠	لاطه قبرصى من طول ٢٥ و٢ لزوم ٨٢ جملا لكل مربع جملان من الجهتين وثانى مربع من السقف واذا كان من لاطه علايه يلزم ٥ و٢٠
	١٨	٠	موربنه مجوز أو موربنه ثلثاى لزوم العلف لكل مربع علفه باعلاه بما فيه حشو تقوية المربعات واذا كان من موربنه مفرد يلزم ٣٦ حيث لا يوافقه شقها
	٤	٠	موربنه مجوز لزوم الكرنيش يفرش الابزار من أسفل الجمال واذا كان من كتله يلزم كتله ونصف
	١٥	٠	لاطه قبرصى لزوم بغدادلى بوجه الجمال بالاربع جهات
	١٣	٠	لوح بندق لزوم العلفه اذا لم توجد الاصناف المشروحة قبله
	٠٧	٠	شرحه لزوم علفة الابزار عن كل مربع طوله ذراع وأزيد والعرض ½ اللوح
	١٧	٠	شرحه لزوم التطبيق يصير شقه خيطا واحدا
	١٠	٠	شرحه لزوم الباصه
	٠٣و٥	٠	شرحه لزوم الكرنيش السوارى ما بين المسه والجمل
	٠٧و٥	٠	شرحه لزوم ابزار وتحت رجل الجمال بالاربع جهات
٥٨	٠	٤١	مسمار بلدى عن كل رطل ٦ مسامير لتسمير الجمال
	٠	٣٠	شرحه لتسمير العلفه
	٠	٠٤	شرحه لتسمير الابزار
	٠	٢٨	شرحه لتسمير العلفه من داخل الابزار بالواقف
	٠	٨و٥	مسمار خالدى عن كل رطل ١٠٠ مسمار لزوم تسمير البغدادلى
	٠	٧	شرحه لزوم تسمير البغدادلى
	٠	٥	مسمار افرنكى وسطانى لتسمير الباصه السواريه بما فيه الكرنيش من أسفل

(تابع معدلات المحروسة)

(تطبيق سقف باللوح والباصه طوله ١٠ وعرضه ٧ من دون)

(جمال وكرنيش سواديه بجوار الحيطان)

	اصناف لازمة		
	عدد	رطل	
	٢٦و٦٦	٠	لوح بندق لزوم التطبيق
	١٢	٠	شرحه الباصة
	٤	٠	شرحه الكرنيش السواديه
٤٢و٦٦	١٨	٠	موريته مجوز أو تلتان لزوم العلفه أو ٣٨ موريه مفرد
	٠	٣٠	مسمار بلدي لزوم العلفة
	٠	١٢و٧٥	مسمار خالدى لزوم تلقيم السقف
	٠	٧و٥	مسمار افرنكي وسطاني لتسمير الباصه

(مقنن شغل النشارين في نشر الاخشاب)

منشار	اخشاب	
عدد	عدد	
١	٤	لاطه قبرصى لزوم شباك خرط مثمن
١	٦	لاطه علايه لزوم شباك خرط مثمن
١	٢	كتله علايه لزوم حلوق الابواب والاساطيم
١	٥	لاطه قبرصى لزوم خمسة برامق كبيرة للدرابزينات وأما الاساطيم فيصير شقها اثنين بحسب طول قلبة السلم

(تابع معدلات المحروسة)

(تابع مقنن شغل النشارين فى نشر الاخشاب)

منشار عدد	اخشاب عدد	
١	٦	لاطه علايه لزوم ستة برامق كبيره شرحه
١	٦	لاطه علايه لزوم ١٢ برمقا صغيره شرحه
١	١٠	موربنه ثلثاى يصير شقها مجوزا لاعمالها بتنجانه شغل النجار لزوم الابواب والشبابيك.
١	٨	لوح بندق لزوم سدايب وكشك للشبابيك كل لوح يصير شقه من جهة طوله اربعة سدايب
١	٣	لوح بندق لزوم قفص شيشه لنصف شباك برأس عوجه
٠,٥	١,٥	لاطه قبرصى لزوم نصف حاق شباك شيشه
١	٤	لاطه قبرصى لزوم شريحتى شباك زجاج واذا كان من كتلة علايه يلزم لكل ستة منشار واذا كان من مربيكه زان لكل ستة منشار واحد واذا كان من بوعه زان فلكل ثلاثة منشار
١	٣	لاطه قبرصى لزوم البغدادى
١	٦	لاطه علايه لزوم البغدادلى
١	١٥	لوح بندق لزوم برور الابواب والشبابيك يشق النصف من جهة عرضه
١	١٠	لوح بندق لزوم تلقيم الاسقف
١	٨	لوح كرسته لزوم تلقيم الاسقف

(تابع معدّلات المحروسة)

(مشال المهمات على الحمير الميريه الى العمارات)

(عمارات الخانكه وأبوزعبل)

	ادوار عدد	حمار عدد	اصناف عدد
مشال طوب نيء من مخبز الخانكة لعمارة الصور بالمكتب العالى وبالعمارات المجاورة له وشرحه مشال شهبه من الجبل الشرقى لعمارة الصور بالمكتب	١١	١	٠
مشال شهبه من الجبل الشرقى الى مخبز الميرى بالخانكه	٩	١	٠
مشال حجر دبش وبلاط وطوب أحمر من أوردى الطوبجيه بالخانكه الى الاسبتاليه	٧	١	٠
مشال قصرمل من مخبز الخانكة لعمارة أبوزعبل	٧	١	٠
جبس أوحمره من الجباسه بالخانكه الى عمارة أبوزعبل	٦	١	٠
مشال جبس أوحمره من الخانكه الى عمارة المكتب العالى بالخانكه	١٠	١	٠
ستة بلاطات فرانى من المحروسة لعمارة الخانكه أوأبو زعبل والدور يومين ذهابا وايابا	١	١	٦
أربع بلاطات تربيعه من المحروسة لعمارة الخانكه أوأبوزعبل والدور شرحه	١	١	٤
اردب جبس من المحروسة الى العمارات المشروحة والدور شرحه	١	١	٠,٣٣
قنطار ونصف جير من المحروسة الى العمارات المشروحة والدور شرحه	١	١	١,٥
قنطارين دبش من جبل المنير الى العمارات المذكورة والدور يوم واحد	١	١	٢

(تابع معدلات المحروسه)

(تابع مشال المهمات على الحمير الميريه الى العمارات)

(عمارات بولاق وشبرا وخلافهما)

ادوار طين	عدد عمار	ادوار قصرمل	
٥		٦	طين من الخليج الزعفرانى أو من فم الخليج المصرى الى عمارات دوائر المحروسة
٥	١	٤	الى عمارات القلعه ومثلها عمارات جبل الجيوشى والفشكخانه
٩	١	٥	الى عمارة الجراة السلطانى لغاية سبيل الاوسيه
١٠		٤	الى عمارة أثر النبى لغاية مخبز الجهاديه قبال ديوان الجمرك
١٢	١	٦	الى العمارات من قصر النيل لغاية شون الغلال ببولاق
١٠	١ ١	٢	الى العمارات المستقربة من الخلجان لغاية جهات السيدة زينب وسراى كامل باشا
١٠	١	٦	الى عمارات وابور الهند ببولاق ومدرسة العمليات والرصدخانة ومناخ الجمال
١٢	١	٣	من بحرى مدرسة العمليات لغاية منزل محمود أفندى مدير الجيزه وشرحه الى عمارات شبرا خلاف الاسطبل ودوايره والقصرمل من المحروسة
١٢	١	٢	الاسطبل وسواقى دمنهور وسواقى البرسيم الحجازى ومنزل الناظر بشبرا

(معدلات ابنية اسكندريه)

(مايخص الذراع من الجير البلدى)

	جير بلدى	ذراع	
	اردب	مكعب	مربع
بناء بالطوب الاحمر	٠و٦٦	١	٠٠
بناء بالدبش	٣و٣٣	١	٠٠
بناء بالحجر المنجور	٠و٢٥	١	٠٠
بالكسوه	٤	٠	١٠٠
بالترغريقه	٣	٠	١٠٠
بالبلاط	٤	٠	١٠٠
بالبياض طاق واحد	٣و٥	٠	١٠٠
بالبياض بطانه وظهاره	٥	٠	١٠٠
بكسوة الترغريقه	٧	٠	١٠٠
رش بالفرشه أى التلبيشه	١	٠	٦٠٠

(خافقى من جير وحمره وزيت حار)

	جير بلدى	ذراع	زيت حار
	اردب	مربع	رطل
خافقى	٤	١٠٠	٠٠
حمره	٢	١٠٠	٠٠
لزوم خدمة الخافقى	٠	١٠٠	١٠

(بياض بالكسوه التى بالجير والرمل)

جير	رمل
اردب	اردب
١	١

(بناء بالجير والحمره بمحلات المياه)

اردب	ذراع مكعب	
٠و٦٦	١	جير بلدى
٠و٦٦	١	حمره

(مقدار شغل البناء فى اليوم والفعله اللازمين له)

بناء عدد	فاعل عدد	ذراع مكعب	
١	٥	٨	بناء بالجدار وبما فوقه
١	٥	٧	بناء بالجدار وبما فوقه الذى يكون فيه ابواب وشبابيك
١	٥	٦	شرحه فى عمل القمن
١	٥	٦	بناء جدران بالحجر النظيف والطوب والدبش
١	٥	٣	بناء بالطوب
١	٣	٣	بناء بالحجر الحجالى

(مقدار شغل النحات فى اليوم بنحيت الاحجار)

نحات عدد	احجار عدد	
١	٩	احجار زاويه متوسطه
١	١٨	من احجار زاويه صغيره
١	٥٠	من البلاط بما فيه من التسوية بعد لصقه

(تابع معدلات اسكندريه)

*(مقدار شغل المبيض فى اليوم)

مبيض عدد	انفار توابعه	ذراع مربع	
١	٠	٩و١٠	تغطية السقف
١	٠	١و١١	تغطية الاسقف بالقش والرمل والحصى
١	٤	١٢٠	فى كسوة السطح بالمؤنه
١	٧	٨٠	بالترغريغه مع الخدمه
١	٢	٦٠٠	بعمل التلبينه
١	٤	٨٠	بياض العاده
١	٢	٦٠٠	رش بالفرشه

(مقدار شغل المبلط فى اليوم)

مبلط عدد	بلاط عدد	
١	٥٠	بلاطة لصقا وتسويتها بعد لصقها
١	٧٧	فى لصق بلاط
١	٧٥	فى لصق بلاط وتسويته بعد اللصق وهذا هو الجارى الآن

(معدلات أبنية وجه قبلى)

(مايخص الذراع من الجير البلدى)

	ذراع مربع	ذراع مكعب	جير قنطار
بناء بمحلات المياه	٠	١	١٫٥
بناء بخلاف محلات المياه	٠	١	١
بناء بالمحلات الشمسية	٠	١	٠٫٧٥
بياض بطانه وظهاره	١٠٠	٠	١٥
بياض قشره	١٠٠	٠	٤٫٥
بياض فرشه	١٠٠	٠	١
لياسه وبربقه	١٠٠	٠	١٥
تبليطة أرضيه	١٠٠	٠	٢٠
تبليطه بلاط	١٠٠	٠	١٢

	كيله حمرة	كيله زلط	ذراع مربع	ذراع مكعب	جير قنطار
			١	٠	٠٫٣
مايخص الخافق	٠٫٥	٠٫٧٥			

(عن البناء بالشوه)

		ذراع مربع	ذراع مكعب	شوه قنطار
بناء بالشوه فى القشلات والفوريقات		٠	١	٢
شرحه	فى الابنية الشمسية	٠	١	١٫٥
شرحه	فى اللياسه والبربقه	١٠٠	٠	٣٠
شرحه	فى تبليط الارضية	١٠٠	٠	٢٠

(تابع معدلات أبنية توجه قبلي)

(ما يخص الذراع من الجبس)

	اردب	ذراع	
	عدد	مربع	مكعب
في لصق ١٠٠ بلاطه	٣	٠	٠
بياض بطانيه وظهاره	٥	١٠٠	٠
بعقد الحمام الذي ارتفاعه ٥ر٠	٢	٠	١
بناء بدون مؤنه	٣	٠	١

(معدلات أبنية دمياط)

(ما يخص الذراع من الجير البلدي)

	جنسير	ذراع	
	قنطار	مكعب	مربع
بناء بالحيطان والدواير	٧٥ر٠	١	٠
بناء بالطواشل	٥٠ر٠	١	٠
بناء بالملاقف	٥٠ر٠	١	٠
لياسه بالمؤنه	٣٣ر٠	٠	١
خافقي بالاسطح	١	٠	٢٤
خافقي بالملاقف	١	٠	٢٧
في البياض	١	٠	١٢
في لصق البلاط	١	٠	٨
في الكدلة	٨ر١٠	٠	١٠٠
بياض بالفرشه	١	٠	١٠٠

(مايخص الذراع من الجبس)

	ذراع مربع	ذراع مكعب	جبس أردب
بناء بالملاقف	٠	١	٣و٥
بقواعد العمدان فوق وتحت	٠	١	٤
بناء المحسات والقوائم	٠	١	٤و٣٣
بتقويم النصب	٦	٠	١
بتقويم الطوايل	٣	٠	١
خافق بظهر الملاقف	٤و٧٥	٠	١
بلصق البلاط	٤	٠	١
تزريق عرق واحد بالسقف من الطرفين	٠	٠	١
فى لياسة الاسطح بالخافق	٧	٠	١

(تابع مايخص الذراع من الطوب)

	طوب عدد	ذراع مكعب
فى بناء الحيطان بالمؤنة	٣٣٣	١
فى بناء المحسات بالجبس	٢١٥	١
فى بناء قواعد العمدان	٢١٠	١
فى بناء التقافيص والملاقف	٢٢٥	١

(مايخص الذراع من القصرمل)

	ذراع مربع	ذراع مكعب	مزبله عدد
خافق بلياسة الاسطح	٤	٠	١
خافق بلياسة اسطح الملاقف	٢	٠	١
فى بناء النصب	٠	١	٤و٥

(مايخص الذراع من الجير والتراب)

	جير مزبله	تراب مزبله
مؤنه	٠و٣٣	٠و٦٦

(مقدار شغل البناء في اليوم)

بناء	ذراع		اصناف	
عدد	مكعب	مربع	عدد	
١	٦و٢٥	٠٠	٠٠	في بناء الحيطان والترصيص
١	٧و٥	٠٠	٠٠	في بناء الطوايل
١	٣و٥	٠٠	٠٠	في بناء العسات بالجبس
١	٦و٢٥	٠٠	٠٠	في بناء الملاقف والتقافيص
١	٣	٠٠	٠٠	في بناء النصب والدوائر بالمؤنه
١	٢و٥	٠٠	٠٠	في بناء قواعد العمدان بالجبس
١	٠٠	١٧٥	٠٠	لياسة بالمؤنه
١	٠٠	١٥٢	٠٠	جر الحجر على اللياسة
١	٠٠	١٩٠	٠٠	خدمة في اللياسة
١	٠٠	١٤٠	٠٠	خدمة في الخافقي بلياسة الاسطح
١	٠٠	٥٠	٠٠	في تقويم النصب بالجبس
١		٣٥	٠٠	في تقويم الطوالات بالجبس
١	٠٠	٦٠	٠٠	في البياض وفي لياسة الملاقف بالخافقي أيضا
١	٠٠	٥٠	٠٠	لصق البلاط بالجبس
١	٠٠	٠٠	٤٥	٤٥ بلاطه أو ٠٠ ينجرها أو يصلحها النفر في اليوم
١	٠٠	٢	٠٠	تزريق العروق
١	٠٠	٠٠	٣٥	عرق أو مبرومه توضع بالاسقف
١	٠٠	٠٠	٣	قوايم توضع بالاسقف

(تابع معدلات دمياط)

(مقدار الفعله اللازمين للبناء في اليوم ولهز التراب والقصرمل والجير وللقزام)

فعله عدد	بناء عدد	مزبله عدد	جير قنطار	قزام عدد	البيان
٥	١	٠	٠	٠	في بناء الحيطان وفي الترصيص كذلك
٤	١	٠	٠	٠	في بناء الطوائل بالمؤنة أو في بناء قواعد الجدران
٥ر٤	١	٠	٠	٠	في بناء النصب
٤	١	٠	٠	٠	في بناء الحسات
٥	١	٠	٠	٠	في بناء الملاقف بالجبس
١١	١	٠	٠	٠	في اللياسة بالمؤنة
٢	١	٠	٠	٠	في خدمة اللياسة أو في جر الحجر على اللياسة
٤	١	٠	٠	٠	في تقويم النصب أو في البياض أو في لصق البلاط
١	١	٠	٠	٠	في تحجير البلاط أو ٥ر٠ فاعل أعني نصف يوم
٦	١	٠	٠	٠	في لياسة الاسطح بالخافقي
٥	١	٠	٠	٠	في لياسة الملاقف
٢	١	٠	٠	٠	في تزريق العروق
٥	١	٠	٠	٠	في وضع العروق والمباريم
٢	١	٠	٠	٠	في وضع القوائم بالاسقف
١	٠	١٢٥	٠	٠	في هز التراب
١	٠	١٢٥	٠	٠	في هز القصرمل
١	٠	٠٠	٣١	٠	في هز الجير
١	٠	٠٠	١٠٠	٠	في تضريب الجير
٢	٠٠	٠٠	٠٠	١	في هدم النصب
٤	٠٠	٠٠	٠٠	١	في هدم الحيطان
٣	٠٠	٠٠	٠٠	١	في تنظيف الاسطح واللياسة بالمؤنه

(تابع معدلات أبنية دمياط)

(مقدار شغل القزام فى اليوم)

	ذراع مكعب	قزام عدد
فى هدم النصب المبنية بالجبس	٧	١
فى هدم الحيطان	٢٥	١
فى تنظيف الاسطح من اللياسة القديمة	٤٥٠	١

(مقدار السقايين اللازمين للبناء ولاطفاء الجير)

	سقايين عدد	بناء عدد	قنطار عدد
فى بناء الحيطان بالمونة اوالترصيص	٠,٥	١	٠
فى بناء النصب بالمونة	٠,٧٥	١	٠
فى اللياسة بالمونة	٤الى٦	١	٠
فى بياض الجير على اللياسة	٢الى٣	١	٠
فى خدمة اللياسة بالمونة	٠,١٢٥الى٠,٢٥	١	٠
فى بناء المحلات بالجبس والمؤنة	١	١	٠
فى لياسة الخافق أو فى بناء الملاقف بالجبس	١	١	٠
فى تقويم النصب بالجبس أو فى تقويم الطوائل أوفى البياض أو فى لصق البلاط	٠,٥	١	٠
فى اطفاء الجير وتضريبه	١	١	٣٣
فى وضع القوائم أو وضع العروق او المباريم وتمسيكها بالبناء	٠,٥	١	٠٠

(معدلات أبنية مديرية الغربية)

(ما يخص الذراع من الجير البلدي)

جير قنطار	ذراع مكعب	ذراع مربع	
١ر٥	١	١٠٠	بناء بالمونه الحلوه بمحلات المياه
١	١	١٠٠	بناء بالمونه الثلاث بخلاف محلات المياه
١٠	٠٠	١٠٠	بناء بالحجر الدستور أو الحجالى أو البطيح بمحلات المياه
١٠	٠٠	١[illegible]	بالاشوان والفوريقات
١٢	٠٠	١٠٠	بياض بطانه وظهاره وفرشه بالقصور والسرايات
١٥	٠٠	١٠٠	بياض بغدادلى بالسقوفات
٥	٠٠	١٠٠	بياض ظهاره فقط بالفوريقات
١٠	٠٠	١٠٠	حرمه ظهاره وفرشه
٣	٠٠	١٠٠	جير سلطانى بالحرمه بطانه وظهاره وفرشه
١ر٥	٠٠	١٠٠	رش بالفرشه
٢٠	٠٠	١٠٠	بريقه بالفوريقات أو الاشوان بسبب كثرة الامطار
١٥	٠٠	١٠٠	بريقه بالنواحى القبليه كزفتا والمحله وغيرهما
١٢	٠٠	١٠٠	حرمه بريقه بالفوريقات بالنواحى البحريه كدمياط وغيرها
٨	٠٠	١٠٠	حرمة بريقه بالنواحى القبلية كزفتا والمحله
١٠	٠٠	١٠٠	خافقى
٢٠	٠٠	١٠٠	خافقى بمحلات المياه
١٥	٠٠	١٠٠	بلاط حجارى تربيعه طول الواحدة ٠ر٦٦
٣٣	٠٠	١٠٠	رخام تربيعه طول الواحده من ٠ر٦٦ لغاية ذراع

(تابع معدلات مديرية الغربية)

(ما يخص الذراع من الجبس)

جبس	ذراع		
اردب	مكعب	مربع	
١٠	١٠٠	٠٠	بناء بالدستور أو العجالي أو الحجر البطيخ
٤	٠٠	١٠٠	بياض بالفوريقات أو الاشوان
٥	٠٠	١٠٠	بياض بطانه وظهاره وفرشه
٥	٠٠	١٠٠	بياض بالبغدادلي بالسقوف وغيرها
٢	٠٠	١٠٠	مرمه وتقطيب بياض بالفوريقات والفرشه
٣	٠٠	١٠٠	مرمه بياض ظهاره وفرشه بالقصور
٥	٠٠	١٠٠	بريقة بالفوريقات بالجهات البحرية كدمياط
٤	٠٠	١٠٠	بريقة بالفوريقات بجهات زفتا وغيرها
٣	٠٠	١٠٠	مرمة بالفوريقات بجهة بحرى
٨ر٨٥	٠٠	١٠٠	تبليط ببلاط فراني تربيعه ضلع الواحدة ٦٦ر٠

(ما يخص الذراع من الطين الحلو)

طين	ذراع		
احمال	مكعب	مربع	
٦	١	٠٠	بناء بمجلات المياه
٢	١	٠٠	بناء بالمثلث بخلاف مجلات المياه
٤٠٠	٠	١٠٠	بناء بالدستور أو العجالي أو البطيخ بمجلات المياه
٤٥	٠	١٠٠	بلاط حجارى طول الواحد ٦٦ر٠ وعرضه ٦ر٥ بالارضيه
٣٣ ١/٣	٠	١٠٠	تبليط بترابيع الرخام

(تابع معدلات مديرية الغربية)

(ما يخص الذراع من القصرمل)

قصرمل	ذراع		
جمل	مكعب	مربع	
٤	١.		بناء بالآجر
١٠	٠	١٠٠	بربقة بجهات دمياط ومايقرب منها
٨	٠	١٠٠	بربقة بجهات دمياط وزفتا والمحله ومايجاورهما
٦	٠	١٠٠	مرمة بربقة بفوريقات بحرى
٤	٠	١٠٠	مرمة بربقة بفوريقات قبلى

(ما يخص الذراع من الخافقى)

ذراع مربع خافقى	جير قنطار	جمره اردب	دق كتان رطل	زلط جمل	زيت حار رطل	
١٠٠	١٠	٢,٥٠	٨	٠٠	٠٠	خافقى الوزرة وما يشابهها
١٠٠	٢٠	٥	٢٠	٢٥	٢,٥	خافقى بمجلات المياه

(ما يخص الذراع من دق الكتان)

دق كتان رطل	ذراع مربع	
٥٠	١٠٠	بياض بالفوريقات أو الاشوان
٥٠	١٠٠	بياض بطانه وظهاره بالقصور والسرايات
١٠	١٠٠	بياض البغدادلى
٢٥	١٠٠	بياض بالنقاطيب

(مقدار شغل البنائين فى اليوم والعمال اللازمين لهما)

	خشب	احجار	نحات	سقا	فعله	ذراع	بنايين
	عدد	عدد	عدد	عدد	عدد	مكعب	عدد
بناء فى العمدان والفوريقات	٠	٠	٠	١	١٤	١٢	٢
بناء فى دكة الاساسات بالدبش	٠	٠	٠	١	١٤	٣٠	٢
بناء فى القصص بالدبش	٠	٠	٠	١	١٤	٢٠	٢
بناء فى القصص بالآجر والدبش	٠	٠	٠	١	١٤	١٨	٢
بناء فى دكة الاساسات بالآجر	٠	٠	٠	١	١٤	٢٠	٢
بناء فى القصص	٠	٠	٠	١	١٤	١٦	٢
بناء بالحجر الدستور فى الاسوار	٠	٥٠	٠	١	٥	٠	٢
بناء بالحجر الحجالى شرحه	٠	٣٢	٠	١	٥	٠	٢
بناء فى العقودات بالحجر الدستور	٠	٣٠	١	١	٨	٠	٢
بلاط مجارى لصق بالمحلات	٠	١٠٠	١	١	٨	٠	٢
بناء فى وضع الاعتاب	٢٠	٠	٠	١	١٤	٠	٢
وضع خشب بالسقوفات	١٠٠	٠	٠	١	١٤	٠	٢

(شغل المبيضين فى اليوم والعمال اللازمين لهما)

	سقا	فعله	ذراع	مبيضين
	عدد	عدد	مربع	عدد
بياض بطانه وظهاره	١	٥	٥٠	٢
مرمه بياض ظهاره	١	٥	١٠٠	٢
بياض لبانى بالفرشه	١	٥	٣٠٠	٢
بياض البغدادلى	١	٥	٧٥	٢
بربقة بالجهات المجاورة الى دمياط	١	٥	٨٠	٢
بربقة بالجهات المجاورة الى زفتا والمحله	١	٥	١٢٠	٢
مرمه بربقة بالجهات المجاورة لدمياط	١	٥	١٠٠	٢
مرمه بربقه بالبلاد القبليه كبلاد زفتا والمحله	١	٥	١٤٠	٢
خافقى بالزلط	١	٢	٨	٢
بياض خافقى بدق الكتان	١	٢	١٢	٢
بياض بالخافقى الكذاب	١	٥	٣٠	٢

(تابع معدلات مديرية الغربية)

(مقدار شغل النحات فى اليوم)

نحات عدد	احجار عدد	
١	٢	حجر بن عجالى
١	٣	احجار دستور
١	١٢	حجر بطيخ
١	٣	طوارق طول الواحدة ١و٥ وعرضها ٥و٠
١	١٥	حجر بلاط طول الواحدة ٦٦و٠ وعرضه ٥و٠

(مقدار شغل المبلطين فى اليوم والعمال اللازمين لهما)

مبلطين عدد	فعله عدد	سقا عدد	بلاط عدد	
٢	٤	١	٣٠	نحت ولصق ترابيع بلاط ضلع الواحدة ٦٦و٠
٢	٤	١	٦٠	نحت ولصق بلاط فرانى
٢	٤	١	١٥	طوارق

(شغل النجار فى اليوم فى الاسقف)

نجار عدد	ذراع مربع	
١	٢٥	فى تطبيق الاسقف
١	٣٠	فى كور السقف

مايخص الذراع من الجير والدبش والقصرمل أو الحمرة ومن الآجر ومن الحجر العجالي (ومن الحجر الدستور والجبس والطين والمصلح)

	ذراع مكعب	جير مطفأ قنطار	دبش قنطار	قصرمل أو حمرة قنطار	جبس أو خرسان قنطار	آجر عدد	حجر عجالي عدد	حجر دستور عدد	طين احمر بالحمل عدد	مصلح أردب
في بناء الاساسات بقرب المياه	١	١,٥	٩,٠٠٥٦	٠,٩	٠	٠	٠	٠	٠	٠
في البناء بالاجر بقرب المياه	١	١,٥	٠	٠,٩	٠	٤١٥	٠	٠	٠	٠
في البناء بالحجر المنحوت العجالي	١	١,٦٠	٠	٠	٠,٣٦	٠	١٠	٠	٠	٠
في بناء الحجر الدستور المنحوت بدون القصرمل او الخرسان	١	١,٢٠	٠	٠,٧٤	٠	٠	٠	١٠,٢٣	٠	٠
بناء بمجلات المياه سواء كان بالقصرمل او بالخرسان	١	٢	٠	١,٢٠	٠	٤١٥	٠	٠	٠	٠
في البناء بقباب الافران	١	٠,٥	٠	٠	٠	٤١٥	٠	٠	٢	٠,٢٥

(مايخص الذراع من مواد البياض وعماله)

	ذراع مربع	جير مطفأ قنطار	دق كتان قنطار	جبس قنطار	قصرمل او حمرة او رماد بدراوه	آجر عدد	قش حمل	مسامير عدد	قوالب عدد
في بياض العادة	١٠٠	١٠	٠	١٠	٠	٠	٠	٠	٠
الرش بالفرشه	١٠٠	٠,٤	٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠
بياض بالجير ودق الكتان	١٠٠	٢٠	٠,٦٦	٠	٠	٠	٠	٠	٠
كحله بالحيطان	١٠٠	٥	٠	٠	٥			٢	٨
لياسه فوق الاسطح	١٠٠	٥	٠	٠	١٠	٤٠٠	٠,٥	١,٥	٥
سقيه بالاسقف المستجدة	١٠٠	٧,٥	٠	٠	٤	٠	٠	٠	٠
خافق فوق السقيه	١٠٠	١٥	٠	٠	١٠	٠	٠	٠	٠

(تابع معدلات رشيد)

(ما يخص الذراع من البلاط ومواد لصقه)

ذراع مربع	جير مطفى قنطار	رماد او قصرمل مدراوه	بلاط عدد	مصلح اردب	
١٠٠	١٨	١٨	٢٢٠	٠	تبليط بالبلاط السلطانى
١٠٠	١٩	١٩	٤٠٩	٠	تبليط بالبلاط المصرى
١٠٠	١٩	١٩	٢٢٠	١٤	تبليط بالافران

(مقدار شغل البناء فى اليوم والعمال اللازمين له)

بناء عدد	مكعب ذراع	فعله عدد	سقا عدد	عتالى عدد	
١	٢٠	٧	١	٠	بناء بالخرسان
١	١٣	٧	١	٠	بناء بالجدار وبعد اللطم ٥٠ ذراعا
١	٣	٢	٠	٢	بناء بالحجر الجمالى المنجور
١	٦,٥	٧	٠	٠	بناء فوق الجدار بالحجر المنجور بالدور الاول
٩	٤	٧	٠	٠	شرحه بالدور الثانى
١	٧	٧	٠	٠	بناء بالاجر بحيطان عرضها ٠,٥ ذراع
			٠	٠	بالدور الاول
١	٥	٧	٠	٠	شرحه بالدور الثانى
١	٥	٥	٠	٠	شرحه بحيطان بها شبابيك بالدور الاول
١	٣,٧٥	٥	٠	٠	شرحه بالدور الثانى

(تابع معدلات رشيد)

(مقدار شغل المبيض فى اليوم والفعله اللازمين له)

	فعله عدد	ذراع مربع	مبيض عدد
رش بالفرشه	٢	٦٠٠	١
بياض خافى	٢	٥٠	١
خدمة بالخافق	١	٧٠	١
او ٤ فعله بياض بالحجارة بالجير والجبس	٣	٨٠	١

(مقدار شغل المبلطين فى اليوم والاعمال اللازمين لهم)

	نحاتين عدد	فعله عدد	ذراع مربع	مبلط عدد
لصق بلاط ملطى وتسويته	٠	١٢	١٠٠	٧
لصق بلاط مصرى وتسويته	٠	٨	١٠٠	٨
لصق بلاط الافران وتسويته	٧	١٨	١٠٠	٨

(مقدار شغل النحات فى اليوم)

	احجار	نحات	سمك	عرض	طول	ذراع مكعب
احجار زاوية	٩	١	٠٫٤	٠٫٤	٠٫٥	٠٫٧٢
احجار زاوية كبار	٦٠	١	٠٫٥	٠٫٥	٠٫٥	٠٫٧٥

(مقدار شغل النفر الذى يحفر الاساسات على حسب بعد رمى التراب عن الاساس)

بعد رمى التراب ذراع	نفر عدد	ذراع مكعب
٣٥	١	٣٫٣٦
٦	١	٦٫٧٥
٢٠	١	٥

(معدلات عملت بالوجه القبلى فى عمارة قناطر ديروط الشريف بتفتيش هندسة سعادة سلامه باشا)

(معدل حريق جرة من البشريد بكوشة)

جمها ميتر مكعب		ارتفاع	قطر متوسط	
٧٢٧,٣٩	=	٥,٤٠	١٣	وضع بها جره قدرها
اردب		صناديق		صندوق أردب
٢٩٨٣,٧٥	=	١٠٨٥	×	٢,٧٥

والمواد اللازمة لحريق القدر المذكور هى

جمله قنطار	قنطار عدد	
	١٣٥	فحم حجر خشن
	٤٦٢	فحم حجر ناعم
	٢٠	نجارة خشب
	١٠	حطب من تقليم الاشجار
	٦	مقاطف كهنه
٦٣٣		

(ما يخص الميتر المكعب من البشريد الاصفر من القناطير قبل حرقه وبعده)

ميتر مكعب		قنطار عدد		
١	=	٢٥	من البشريد الاصفر	قبل حرقه
١	=	٢٠	شرحه	بعد حرقه
		٥	عجز ناشئ من الحريق	
		٥٢		تذكره

(تابع معدلات عملت بعمارة قناطر ديروط الشريف)

(مايخص الميتر المكعب من الحجره من القناطير والارادب)

ميتر مكعب من الحجره		قنطار		اردب
١	=	٢٧و٥	=	٥و٥

(مايخص النفر فى دق الحجره من البشريد فى اليوم)

نفر	كيله		
١	٨	دق بشريد وهزه وغربلته	فى زمن الصيف
١	٦	شرحه	فى زمن الشتاء

(مايخص النفر فى دق الحجره من الآجر فى اليوم)

نفر	كيله		
عدد	عدد		
١	١٠	دق آجر وهزه وغربلته	فى زمن الصيف
١	٨	شرحه	فى زمن الشتاء

(مايخص الطاحون الواحدة فى طحين الحجره فى اليوم)

طاحون	اردب			
عدد	من	الى		
١	١٠	١١	طحين حجره	فى زمن الصيف
١	٨	٩	شرحه	فى زمن الشتاء

(مقدار شغل الانفار فى تكسير الدبش دقشوم ومقدار ثقل الميتر المكعب من الدبش ومن الدقشوم والاتربة)

نفر		متر معكب	قنطار	
عدد		عدد	عدد	
١٠٠		١٢	٠٠	فى تكسير الدبش دقشوم
٠٠	=	١	٢٦	من الدقشوم *
٠٠	=	١	٣٠	من الدبش
٠٠	=	١	٣٣	من الاتربة الناتجة من هز الدقشوم الناعم بالغرابيل

(حريق الجير)

(المقدار اللازم لحريق الجير من الفحم والخشب والبوص)

قنطار

٩١٦ دبش من جبل الدير

بيان مواد حريقه

قنطار جمله	قنطار عدد	
	١٩٫٥	فحم خشن
	٩٣	فحم ناعم
	١٫٥	خشب كبير
	٠٫٥	بوص للايقاد
١١٤٫٥		

(المقدار اللازم لحريق الجير من بزر القطن والبوص)

أصله قنطار دبش	الصافى بعد حريقه ثلثاه وهو قنطار جير
٢٤٠	١٦٠

مواد حريقه

قنطار عدد		اردب عدد	
١٢	بوص	١٧٫٦٦	بزر القطن

اردب بزره		قنطار
١	=	٢٫٦٦

(المقدار اللازم لحريق الجير من مساحة النجارة فقط)

أصله قنطار دبش	الصافى بعد حريقه ثلثاه قنطار جير	مساحة نجاره قنطار
٦٠٠	٤٠٠	١٧٠

(تابع معدلات عملت بقناطر ديروط الشريف)

(المقدار اللازم لحريق الجير من البوص والتبن الاسود)

أصله قنطار دبش	الصافى بعد حريقه ثلثاه قنطار جير
٢٤٠	١٦٠

مواد حريقه قنطار بوص	تبن اسود	
	حمل	اقه
٤٨	١٤	٨٠

(مقدارا الطين والسباخ اللازمين لعمل الطوب الني وزمن التخمير)

مترمكعب	ساعه	
٠,٥٠	٠٠	طينة سوداء خاليه من المواد القابلة للاحتراق
٠,٥٠	٠٠	سباخ مغربل .
٠٠٠	٢٤	مدة تخمير الطينه مع السباخ والخدمة

(معدل ضرب الطوب وحريقه)

(مقدار الانفار وشغلهم فى ضرب الطوب ومسافة محل التخمير عن ضرب ٣٥ ميتر)

نفر مساح .	نفر لنقل الطين والطوب	طوب	
عدد	عدد	عدد	
١	٢	٨٠٠	ضرب طوب بزمن الصيف
١	٢	٧٠٠	ضرب طوب بزمن الشتاء

	مترمكعب	طول	عرض	سمك
حجم الطوبه =	٢٧ ٠٠ ,٠ =	٠,٢٥ ×	٠,١٢ ×	٠,٠٩ .

(حريق الطوب)

(معدل أول فى حريق الطوب)

(ما يخص حريق ألف طوبه من الفحم)

طوبه عدد	يلزم لحريقها قنطار عدد	
١٠٠٠	١	من الفحم الخشن
	٢	من الفحم الناعم
	٣	

	ميتر مكعب	طول	عرض	ارتفاع
حجم الطوبه	٠٫٠٠٢٧ =	٠٫٢٠ ×	٠٫١٢ ×	٠٫٠٩

(معدل ثان فى حريق الطوب بالفحم)

طوبه عدد	يلزم لحريقها قنطار عدد	
١٠٠٠	٠٫٧٥	من الفحم الخشن
	١٫٥٠	من الفحم الناعم
	٢٫٢٥	

	ميتر مكعب	طول	عرض	سمك
حجم الطوبه	= ٠٫٠٠١٢ =	٠٫٢ ×	٠٫١ ×	٠٫٠٦

(معدلات عملت بوجه بحرى تفتيش المرحوم بهجت باشا)

(معدل أول فيما يخص الميتر المكعب من الخرسانة المكونة من دقشوم وجير وحمرة)

ميتر مكعب خرسانه عدد

١ ينتج من ميتر مكعب

١٫٣٧٥ من دقشوم وجير وحمره

بيـــانه

ميتر مكعب عدد	قنطار	كيله	أردب		
٠٫٧٥٠ = ٤ و ٢٠	٠	٠		من دقشوم صغير	
٠٫٢٥٠	٠	٠	$\frac{٢}{٥}$ جير حى		مونه
= ٠٫٣٧٥	٣	٢	$\frac{٣}{٥}$ حمره		

(معدل ثان)

(فيما يخص الميتر المكعب من الخرسانه المكونة من دقشوم وجير وحمره)

ميتر مكعب خرسانه

عدد

١ ينتج من ميتر مكعب

عـــدد

١و٣٧٥ من دقشوم وجير وحمره

بيـــانه

ميتر مكعب عـــدد	قنطار عـــدد	كيله عـــدد	أردب عـــدد	
٠و٧٥٠	=٢٦و٤٦	٠٠	٠٠	دقشوم ناتج من ٣٠ قنطارا من الدبش والمعدوم
٠و٢٠٠	=٣و٥٨	٠٠	٠٠	جير ٢/٥ مونه
٠و٣٧٥	=٨و٢٩	٣و٣	١	حمره ٣/٥ مونه

(معدل أوّل)

(فيما يخص الميتر المكعب من البناء بالدبش والجير والحمره ومقدار المعدوم)

ميتر مكعب

عدد

١ من البناء بالدبش والجير والحمره يلزم له

ميتر مكعب	قنطار	أردب	
٠٠	= ٢٨	٠٠	من الدبش بما فيه العادم
٠و٢٠	= ٢و٨٧		جير وعادم الجير ٣٠ رطل فيكون عادم القنطار = ١٠و٥ رطل
٠و٢٠	= ٤و٤٢	= ١	حمره

(تابع معدلات عملت بوجه بحرى بتفتيش المرحوم بهجت باشا)

(معدل ثانى فيما يخص الميتر المكعب من البناء بالدبش والجير والحمره)

ميترمكعب

٤ بناء من الدبش والجير والحمره يلزم لها

قنطار ميترمكعب

١١١ دبش

١و٤٠ مونه من جير وحمره وهى تتركب من

ميترمكعب

عدد

٠و٦٥ جير ⎫ مونه
٠و٩٧٥ حمره ⎭

١و٦٢٥

ومن هذا المعدل ينتج ان

الميترمكعب

عدد

١ من البناء بالدبش والجير والحمرة يلزم له

قنطاردبش وميترمكعب مونه

٢٧و٢٥ ٠و٣٢٥

(ما يخص الميتر المكعب من البناء بالآجر والجير والحمرة ومقدار عادم المونة والجير)

مترمكعب

١ من البناء بالآجر والجير والحمره يلزم له

ميترمكعب	قنطار	عدد	
٠٠	٠٠	٤٨٠	طوبة حمراء
٠و٣٠	٠٠	٠٠	مونة

وعادمها مترمكعب

٠و١٠

(تابع معدلات عملت بوجه بحرى بتفتيش المرحوم بهجت باشا)

بيان المـــــونة

ميترمكعب		قنطار		
٠٫١٦	=	٢٫٣٩	جير وعادمه ٥ و٢ من الرطل	مونة
٠٫١٦	=	٣٫٥٤	حمره = ٩٫٥ من الكيلات	

(ما يخص الميتر المكعب من البناء بالدستور والجير والحمرة)

ميترمكعب

١ من البناء بالدستور يخصه من مونة الجير والحمرة

ميترمكعب

٠٫١٥ مونة وعادمها ٠٫٠٥

بيان مقدار المونة

ميترمكعب		قنطار	
٠٫٠٨	=	١٫١٥	من الجير
٠٫٠٩	=	٢٫١٥	من الحمره
٠٫١٧			

(ما يخص الميتر المكعب من الدبش والدقشوم الصغير بالقناطير)

بعد عمل عدة معدلات نتج ان

ميترمكعب		قنطار	
١ من الدبش	=	٢٩٫٨٥	وصار الاتفاق على ان
١ من الدبش	=	٣٠٫٠٠	= ١٣٥٠ كيلوجرام
١ من الدقشوم	=	٢٤٫٧٠	

(معدلات تكسير الدبش الى دقشوم)*

(معدل أول فيما يخص الميتر المكعب من تكسير الدبش الى دقشوم قدر بيضة الدجاج تقريبا)

ميترمكعب		قنطار	
١٠	=	٣٠٧٫٦	من الدبش

(تابع معدلات عملت بوجه بحرى بتفتيش المرحوم بهجت باشا)

ينتج منها بعد التكسير

ميترمكعب		قنطار	
٨٫٧١	=	٢١٣٫٢	من الدقشوم
٣	=	٨١٫٠	سن ناعم
يكون ١١٫٧١	=	٢٩٤٫٢	وينتج من ذلك ان

الميترالمكعب من الدبش	قنطار	كيلوجرام
١ =	٣٠٫٧٦ =	١٣٨٤٫٢

(معدل ثان فيما يخص الميترالمكعب من تكسيرالدبش الى دقشوم قدر بيضة الدجاج تقريبا)

ميترمكعب من الدبش	قنطار	
١٠	٢٩٧٫٤٩ =	ينتج من ذلك بعد التكسير

ميترمكعب		قنطار	
٣٫٣٩	=	٨٧٫٨٥	سن ناعم
٨٫١٢	=	٢٠٤٫٩	من دقشوم صغير
يكون ١١٫٥١	=	٢٩٢٫٧٥	وينتج من ذلك ان

الميترالمكعب من الدبش	قنطار	كيلوجرام
١ =	٢٩٫٧٤ =	١٣٣٨٫٣

(معدل ثالث)

قنطار دبش	ينتج منها بعد التكسير	
٣٠	قنطار	
	٢٧٫٥٠	دقشوم صغير
	٢٫٤٠	سن ناعم
	يكون ٢٩٫٩٠	

(معدل رابع)

قنطار دبش

١٦ ينتج منها قنطار

١٣٫٠٠	دقشوم
٢٫٤٥	سن ناعم
١٥٫٩٥	يكون

(فى عمل المعدلات)

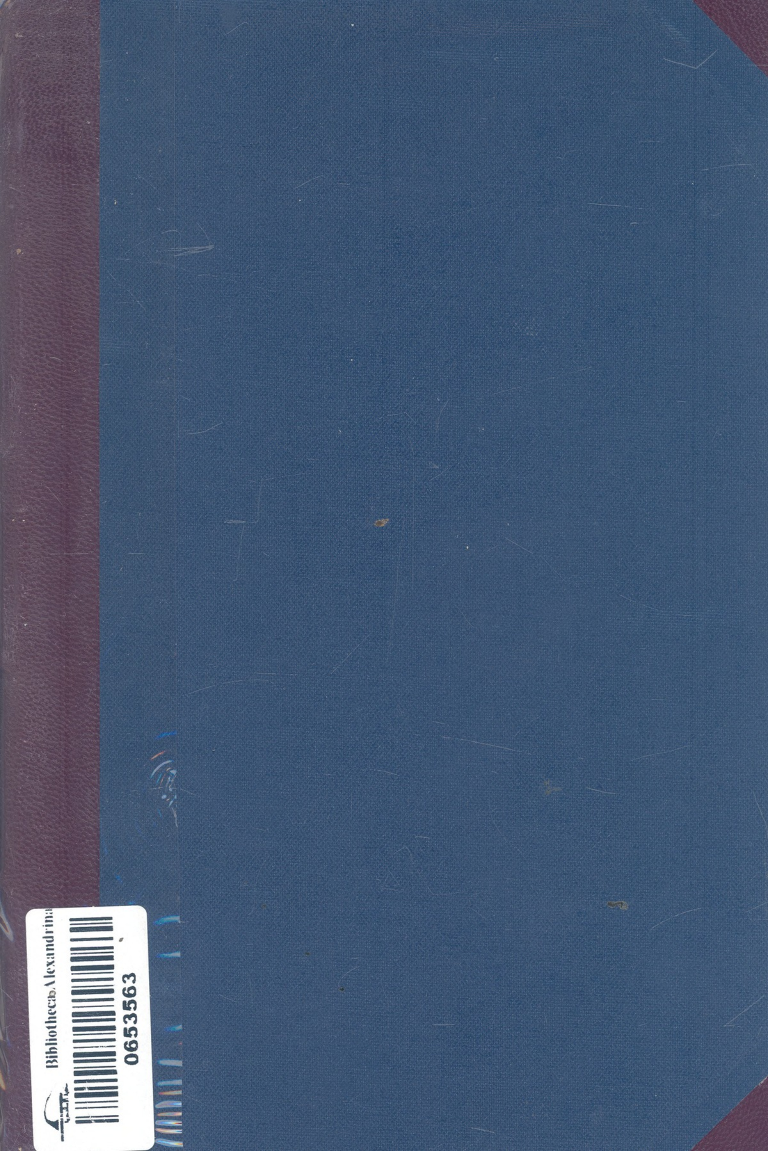
حيث المعلوم إن المادة المركبة لكل من مواد البناء كالاتربة والاحجار والاخشاب ونحوها مختلفة الجنس فى كل جزء من جسم الارض وكذا قوى العمال تتغير فى العام الواحد وفى اليوم الواحد تبعا للتغيرات الجوية الحادثة فى القطر الذى يسكنه الانسان فتكون المعدلات المذكورة قريبة من الحقيقية . ومن أراد ان يعمل معدلا على أى نوع فليصنع جملة معدلات مضبوطة على أنواع النوع المطلوب فى ازمان مختلفة من العام ويأخذ متوسطها فالناتج هو المعدل المطلوب

(تم الكتاب)

(يقول الفقير أحمد مروان)

ثم طبع كتاب تفكرة المهندسين وتذكرة الراغبين الذى هو من الملح الجديدة
والطرف المفيدة وأجل ما نظمته بنان اليراع وأبهج ما جادبه الفكر وقرع
الاسماع تأليف من لا يجارى فى معارفه ولا يبارى فى عوارفه مستشار ديوان
الاشغال العمومية فى كافة الاقاليم المصرية سعادة على باشا مبارك رقاه الى أوج
الكمال مولاه جل وتبارك وانه لكتاب حرى بالقبول ينال طالبوه منه غاية المأمول
جمع شوارد العلوم الهندسية وما تشتت من الفنون الرياضية فلا غنى لرياضى عنه
ولا بد لكل مهندس منه لم يسبق بمثاله ولم ينسج على منواله سعيا فى مرضاة ذى
الفضل الاعم خديو مصر ولى النعم اذ هو الاصل فى ايجاد كل المعارف وانشاء
المحاسن واللطائف فلا قائل الا بلسان علاه ولا عمل الا طروس الاجلاله أدام الله
دولته وحرس أشباله الانجاب وذريته

وكان طبع هذا الكتاب بمطبعة المدارس الملكية المتحلية جيادها بالفنون واللغات
البهية تحت ادارة ناظر المعارف العمومية ذى المناقب الشهيرة والمحامد الغزيرة
سعادة الامير الجليل مصطفى باشا رياض لازال ملحوظا بعناية الملك الفياض
منوطا هذا الطبع بنظر مالك أزمة البلاغة والبراعة حضرة ناظر المطبوعات ومحرر
روضة المدارس على بك فهمى رفاعه وكان المصحح لمبانى هذا الكتاب حتى جاء على منهج
السداد والصواب مع بذل غاية الجهد فى المراجعة والتصحيح وامعان النظر عقب
التهذيب والتنقيح مع بعض زيادات لطيفة واضافات تمس الحاجة اليها منيفه
الماهر الرياضى حضرة على أفندى الدرندلى معلم الرياضة بمدرسة المهندسخانة
الخديوية وذلك من ابتداء الملزمة العاشرة الى آخر الكتاب والتسع ملازم الاول
صححت بمعرفة حضرة الفاضل سيد أحمد أفندى خليل أحد رجال الهندسة بديوان
الاشغال وكان تمام طبعه فى شهر ذى الحجة سنة ١٢٩٣ من هجرة سيد المرسلين
عليه وعلى آله أتم الصلاة والسلام ما ابتدئ شئ ولاح منه بدر تمام آمين


BibliothecaAlexandrina
06553563